This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

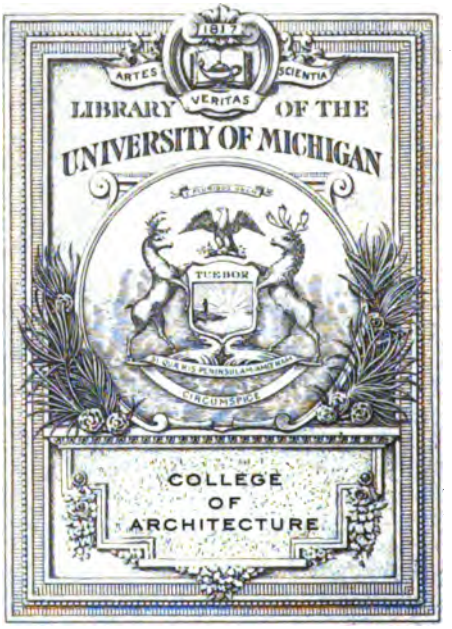
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

B 469659

DIE HARMONIE IM WELTALL, IN DER NATUR UND KUNST.

E. ZEDERBAUER.


1817
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
COLLEGE
OF
ARCHITECTURE

Architectural
Library
N
74
.Z43

DIE HARMONIE IM WELTALL, IN DER NATUR UND KUNST.

E. ZEDERBAUER.

UNIV. OF MICH.

ORION-VERLAG,
GESELLSCHAFT M. B. H.
WIEN UND LEIPZIG
1917.

Alle Rechte vorbehalten.

Copyright 1917 by Orion-Verlag, Wien—Leipzig.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien.

Architecture
Harrass.
11-12-26
13581

DEM BUCHE.

Harmonie! Dieses Wort redet in süßen Zungen Musik in des Menschen Seele. Harmonie kündet einen zum Geschehen gewordenen Traum, klingt zur Tat gewordenes Kampfesende. Harmonie schwebt zur Erde nieder wie linder, weicher Schnee, aus dem Unendlichen kommend, das Unendliche bringend, ins Unendliche zu gehen.

Droben, wohin des ersten Menschenauges Strahl blickte, droben, wohin der ersten Menschenseele Sehnen zog, droben tönt die Harmonie der Sphären. Und die heiligen Wellen steigen nieder und bauen, was da zieht und kreist, und formen und schaffen nach unendlichen, ewigen, unerforschlichen Normen und verschönen Leben und Tod. Sonder Macht und Wissen staunen die kleinen Menschen das Wunderbare, und sie wollen die ewigen Fesseln sprengen und schaffen wie der Unendliche. Und die schwachen Hände meißeln und bauen und bilden und formen, um nachzuahmen, was des Ewigen Kraft bringt mit einem Sonnenstrahl, mit einem Tautropfen, mit einem Blütenblatt, unerreichbar, unvergleichbar.

Fühllos und kalt schlugen Menschenherzen und blickten Menschenaugen, so lange kein Götterstrahl von oben sein heilig Feuer und sein segnend Wärmen in sie goß. Gleich

dem Tier hörte der Mensch nur die rauhe Stimme der Not, gleich dem Tier schuf er nur, weil das alte und täglich neue Gebot der Erde, die ihn erbarmungslos an sich gekettet, es so befahl.

Gesegnet, dreimal gesegnet der, welcher zuerst in seiner Seele die Stimme vernahm, die ihn lind und lieb lockte, die harte Schwelle der Notwendigkeit zu überschreiten. Er öffnete dem ersten Lichtstrahl von oben die Pforte, er ward der Führer zu den ewig hellen, glänzenden Regionen, die über dem Tage schweben, den Irdischen emporhebend vom Irdischen, die Seele enthüllend von Erdenlast und Erdendunst. Er brachte der Menschheit die schönste Gabe des Alls, das hehrste Geschenk der Götter — die Freude am Schönen — die Kunst. Und der Gottbegnadete und seine Jünger streckten die Arme aus und pflückten die goldenen Früchte und brachten sie herab zur Erde, sie liebend zu verteilen an Jeden, der da haben wollte.

Es kamen die Gelehrten und Weisen und Wissen und Fertigkeit schleppte ihnen herbei, was der Geist ersann. Mit Messer und Nadel, mit Rohr und Phiole rückten sie an und lauschten am Tage und tief unten, sahen durch Licht und Finsternis, — vergebliches Mühen!

Urgötterdienerweisheit formte bereits die Linie, nirgends beginnend, nirgends endend den Kreis. Da ersteht nun der Mann, der unser Ohr, fast taub vom Kriegslärm der rasenden Menschheit, aufhorchen läßt dem Wohlklang, den die Wellen des ewigen Meeres tönen und der die alte Erde durchzittert Jahr um Jahr, Tag um Tag. Urewiges Geheimnis von wannen sie schwingen, diese Töne!

Willkommener Wegweiser Du, der als Erster gefunden, daß Natur dieselben Größen, mit denen sie die Planeten

und ihre Straßen mißt, eingebaut hat jedem Wesen, das da lebt und webt. Willkommen Erkennender Du, der zuerst die Grenze abgesteckt, welche echte himmelentströmte Kunst hürdet, trennend das Wahre vom Unechten.

Fern sei von dem Buche tönendes Geleit! Wie ein königlicher Kiel ziehe es durch die Wellen der Menschheit halt- und richtunggebend auf der ewigen Fahrt der Geister, dem Unendlichen entgegen. Es schenke den Menschen allen, was es in Äther, Meer und Luft aufgelesen, als schönste Gabe des Ewigen: Harmonie.

Der Verlag.

Einleitung.

Harmonie, aus dem griechischen ἁρμονία, Übereinstimmung, bedeutet das richtige Verhältnis der Teile eines Ganzen zueinander.

Am häufigsten zwar in der Musik gebraucht, wird dieses Wort auch in der bildenden Kunst angewendet, wie Harmonie der Farben, Harmonie in der Architektur, harmonische Komposition eines Bildes usw.

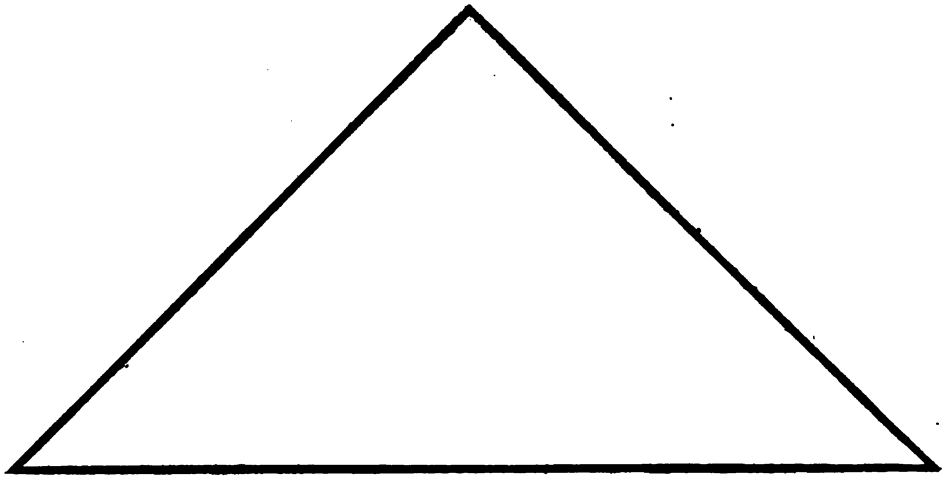
Wie zwei oder mehrere Töne auf das Ohr angenehm wirken, wenn sie, ihre Schwingungszahlen oder Wellenlängen, in richtigen Verhältnissen zueinander sind, so wird auch ein Bild, eine Statue, ein Bauwerk durch den Gesichtssinn als schön empfunden, wenn dies bei den einzelnen Teilen, Farben, Linien, der Verteilung im Raume usw. zutrifft.

Welches ist das «richtige» Verhältnis oder welche sind die richtigen Verhältnisse? Hat nicht jede Kunst, jede Kunstepoche ihre eigenen «richtigen» Verhältnisse, jedes schöne Tier, jedes Lebewesen seine eigentümlichen «richtigen» Verhältnisse, die von denen anderer Arten oder Gattungen grundverschieden sind? Nein. — Vorausgreifend sei gesagt; daß allen Künsten dieselben Verhältnisse gemeinsam sind, die zu allen Zeiten in den bedeutendsten Kunstwerken in Erscheinung traten; daß die unendliche Formenmannigfaltigkeit der Tier- und Pflanzenwelt dieselben Verhältnisse in sich trägt, und daß selbst die Anordnung der Gestirne am Himmel von denselben Verhältnissen beherrscht wird. So einfach die richtigen Verhältnisse sind, ihre Entdeckung ist erst jetzt geglückt. Tausende von Künstlern haben in ihrem Bann geschaffen, ohne sie fassen zu können, täglich sieht sie der Mensch in zahlreichen Naturformen, zahlreiche Gelehrte[1]) und

[1]) Die Versuche A. Zeisings (Neue Lehre von den Proportionen des menschlichen Körpers 1854), Pfeiffers und anderer, den goldenen Schnitt als Schlüssel für die «richtigen» Verhältnisse in der Natur und in der Kunst einzuführen, haben zu keinem befriedigenden Resultat geführt. Abgesehen davon, daß der goldene Schnitt den richtigen Verhältnissen zum Teil nur nahe kommt, ist auch die Umständlichkeit seiner Konstruktion für seine Verbreitung hemmend.

Künstler haben sie zu ergründen gesucht. Vergebens. Selbst ein Kepler, der sie ahnend in den Planeten suchte, konnte sie nicht finden. Das vielgeahnte und gesuchte Geheimnis der «richtigen» Verhältnisse kann nur das harmonische Dreieck und der harmonische Kreis enthüllen. Sie sind die Schlüssel für die Harmonie in der Natur, aus der ja die Kunst reichlichste Anregung erhält, und für die Harmonie im Weltall, der ursprünglichst in Erscheinung getretenen Harmonie, der Grundfeste, auf der sich die Harmonie in der Natur aufbaut und in den mannigfaltigsten Gestalten entfaltet, um in der Kunst aus beiden heraus die schönsten Blüten zu treiben.

Das harmonische Dreieck



Abbild. 1. Das harmonische Dreieck.

ist rechtwinkelig und gleichschenkelig.

Die Hypothenuse (große Seite) wird im nachfolgenden durchwegs mit dem Buchstaben *a*, eine Kathete (kleine Seite) mit dem Buchstaben *b* bezeichnet. Nach dem pythagoraeischen Lehrsatze ist

$$b = \frac{a}{2}\sqrt{2} \text{ oder } a = 1 \text{ gesetzt } b = \frac{\sqrt{2}}{2}\ ^{1}).$$

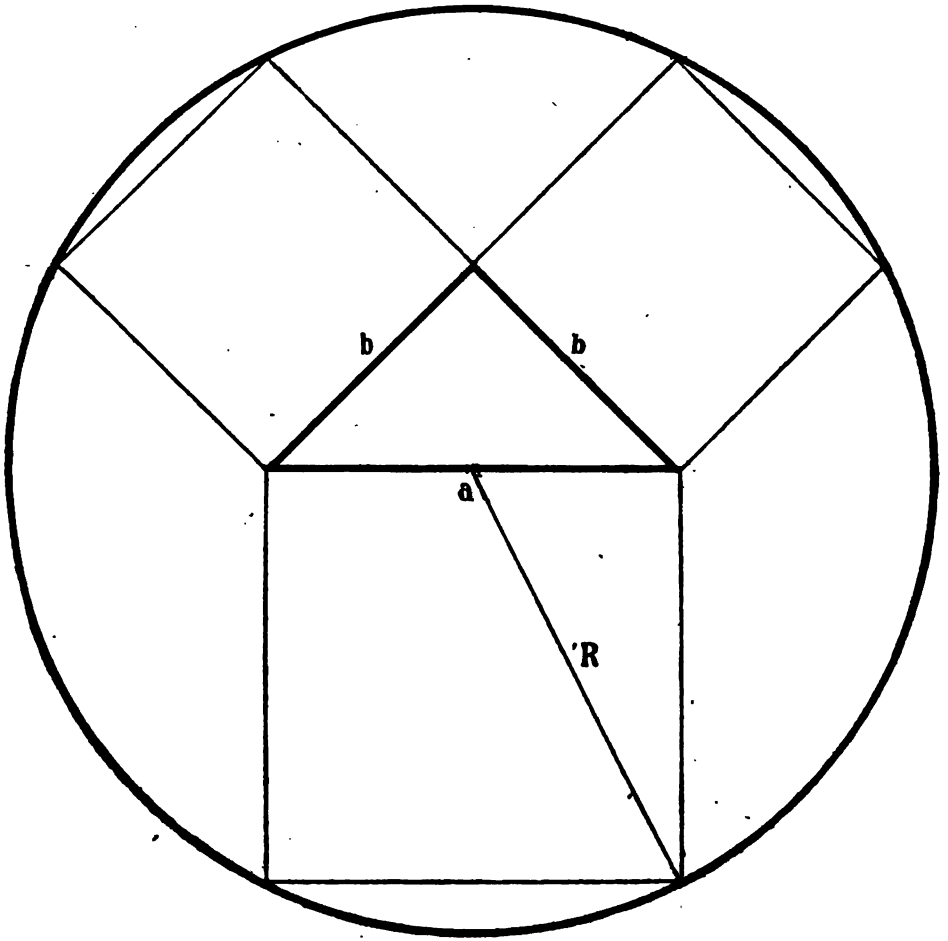
$$1 : \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ ist harmonisch.}$$

---

[1]) $\sqrt{2} = 1{\cdot}41421$ ist eine irrationale Zahl, d. h. sie kann weder durch eine ganze Zahl, noch durch einen Bruch vollkommen genau dargestellt werden. Die Hypothenuse und die Kathete des harmonischen Dreiecks stehen in irrationalen Verhältnissen; beide Größen lassen sich durch keine gemeinsame Strecke vollkommen genau teilen.

Der harmonische Kreis.

Werden über den Seiten eines harmonischen Dreiecks Quadrate errichtet, so liegen ihre Eckpunkte in einem Kreise, dessen Mittelpunkt in die Mitte der Hypothenuse *a* fällt.

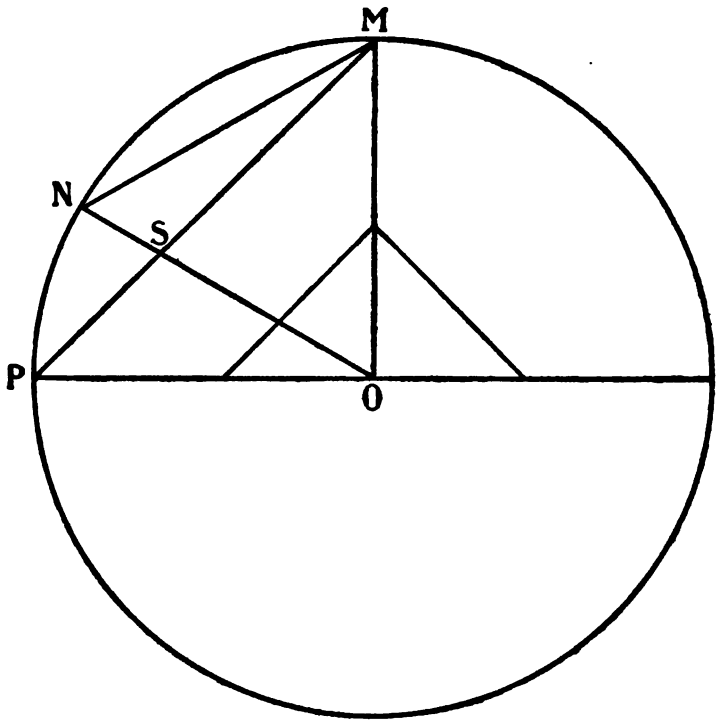


Abbild. 2. Der harmonische Kreis.

Der Halbmesser (Radius) ist *R*. Nach dem pythagoraeischen Lehrsatz ist $R = \frac{a}{2}\sqrt{5}$ oder $a = 1$ gesetzt $\frac{\sqrt{5}}{2}$.[1] $1 : \frac{\sqrt{5}}{2}$ ist harmonisch oder steht im richtigen Verhältnisse.

[1] $\sqrt{5} = 2{\cdot}23607$.

Um bei gegebenem Kreise das dazu gehörige harmonische Dreieck zu finden (Abbildung 3), wird von *M* die Linie *MP* gezogen, von *M* der Halbmesser *R* auf dem Kreise aufgetragen und *N* mit dem Mittelpunkte verbunden. *SM* ist dann die Hypothenuse des harmonischen Dreiecks.



Abbild. 3. Konstruktion des harmonischen Dreieckes, wenn der Kreis gegeben ist.

$$a : b : R \text{ oder } 1 : \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{\sqrt{5}}{2}$$

sind die «richtigen» Verhältnisse, welche der Anordnung der Gestirne, den Formen der Natur und den Werken der Kunst zugrunde liegen. Nach ihnen ist alles geschaffen.

Das harmonische Dreieck und der harmonische Kreis, welche die Grundlagen der Harmonie bilden, können daher auch die harmonischen Grundfiguren genannt werden.

Neben diesen grundlegenden Verhältnissen sind noch einige von ihnen abgeleitete Verhältnisse oder Größen zu erwähnen. Sie werden durch die vier einfachen Rechenoperationen gebildet. Bemerkenswert

und mit den grundlegenden richtigen Verhältnissen öfters angewendet sind folgende:

1. $b-\frac{a}{2}$ oder $\frac{\sqrt{2}-1}{2}$. Der Einfachheit halber wird $b-\frac{a}{2}$ mit r bezeichnet, da $b-\frac{a}{2}$ gleich ist dem Halbmesser des dem harmonischen Dreiecke eingeschriebenen Kreises.

2. $R-\frac{a}{2}$ oder $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$. $R-\frac{a}{2}$ wird der Einfachheit halber mit d bezeichnet (d kommt übrigens $3r$, $2d$ wiederum $b+\frac{a}{2}$ sehr nahe).

3. $b+r=\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$.

Sehr selten sind $a+b$ oder $\frac{\sqrt{2}+2}{2}$ und $R+\frac{a}{2}$ oder $\frac{\sqrt{5}+1}{2}$.

4. Verdopplungen oder Halbierung, seltener Vierteilungen und Achtteilungen von a, b, R, r und d wie $R:2b$, $\frac{a}{2}:b$ oder $\frac{R}{4}:b$.

In den Abbildungen und auch im Texte werden durchwegs die Buchstaben a, b, R, r, d gebraucht. Wird a mit 1 angenommen, so ist:

$a=1$ = Hypothenuse des harmonischen Dreiecks

$b=\frac{\sqrt{2}}{2}$ = Kathete des harmonischen Dreiecks

$R=\frac{\sqrt{5}}{2}$ = Halbmesser des harmonischen Kreises

$r=\frac{\sqrt{2}-1}{2}=\left(b-\frac{a}{2}\right)$

$d=\frac{\sqrt{5}-1}{2}=\left(R-\frac{a}{2}\right)$

$b+r=\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$

In Zahlen ausgedrückt ist:

$$\begin{aligned} a &= 1 \\ b &= 0{\cdot}7071 \\ R &= 1{\cdot}118 \\ r &= 0{\cdot}207 \\ d &= 0{\cdot}618 \\ b+r &= 0{\cdot}914 \end{aligned}$$

Die häufigsten Verhältnisse sind

$a : b$, $b : R$, $a : R$; ferner $b : r$, $R : r$ oder $R : 2a$, $\frac{a}{2} : R$, $2b : R$, welch letzteres dem Verhältnisse $R : b + r$ sehr nahe kommt.

Nicht so häufig sind die Verhältnisse $a : b + r$, $b : b + r$, $b + r : r$, selten $a : d$, $R : d$, $d : r$.

I. TEIL:

DIE HARMONIE IM WELTALL.

A. Planeten und Trabanten.

1. Die Bahnen und Entfernungen der Planeten.

Um die Sonne kreisen Sterne, die von den Alten den Namen Planeten oder Wandelsterne (Umherirrende) erhielten. Die Zahl der Planeten beträgt acht, nämlich vier kleine oder innere, Merkur, Venus, Erde, Mars, und vier große oder äußere, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Sechs von ihnen waren im Altertume bekannt, Uranus wurde im Jahre 1781 von Herschel entdeckt, Neptun erst im Jahre 1846 aufgefunden, nachdem einige Jahre vorher seine Bahn aus den Störungen, die er in der Bahn seines Nachbarn Uranus hervorrief, berechnet wurde.

Nach dem 1. Keplerschen Gesetz bewegen sich die Planeten in Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. Die Ellipsen nähern sich aber mit Ausnahme des Mars, an dessen ziemlich exzentrischer Bahnellipse Kepler das Gesetz fand, sehr der Gestalt von Kreisen. Die Ellipse der Erdbahn ist einem Kreise so ähnlich, daß Kepler bei ihrer Konstruktion ihre Ekliptizität nicht finden konnte. Es ist daher die Darstellung der Planetenbahnen in Kreisen statt Ellipsen mit Ausnahme der des Mars gestattet.

Die Entfernungen der Planeten von der Sonne werden gewöhnlich im Mittel angegeben.

Die Anordnung der Planeten oder ihre Entfernung von der Sonne waren zu allen Zeiten für die Astronomie von Interesse. Soweit nachzuweisen ist, haben schon die alten Griechen sich damit beschäftigt (Harmonie der Sphären des Pythagoras). Kepler hat schon sehr früh, ehe er noch an der Kreisgestalt der Planetenbahn zweifelte, sich die Frage vorgelegt, ob nicht zwischen ihren Sonnenabständen ein mathematischer Zusammenhang bestehe. «Seine ersten Versuche, diesen zu ermitteln, blieben wegen ihrer sinnreichen Gedanken beachtenswert. Bekanntlich gibt es fünf sogenannte regelmäßige Polyeder, die jeder von Ecken, Flächen und Kanten je einer Art begrenzt werden:

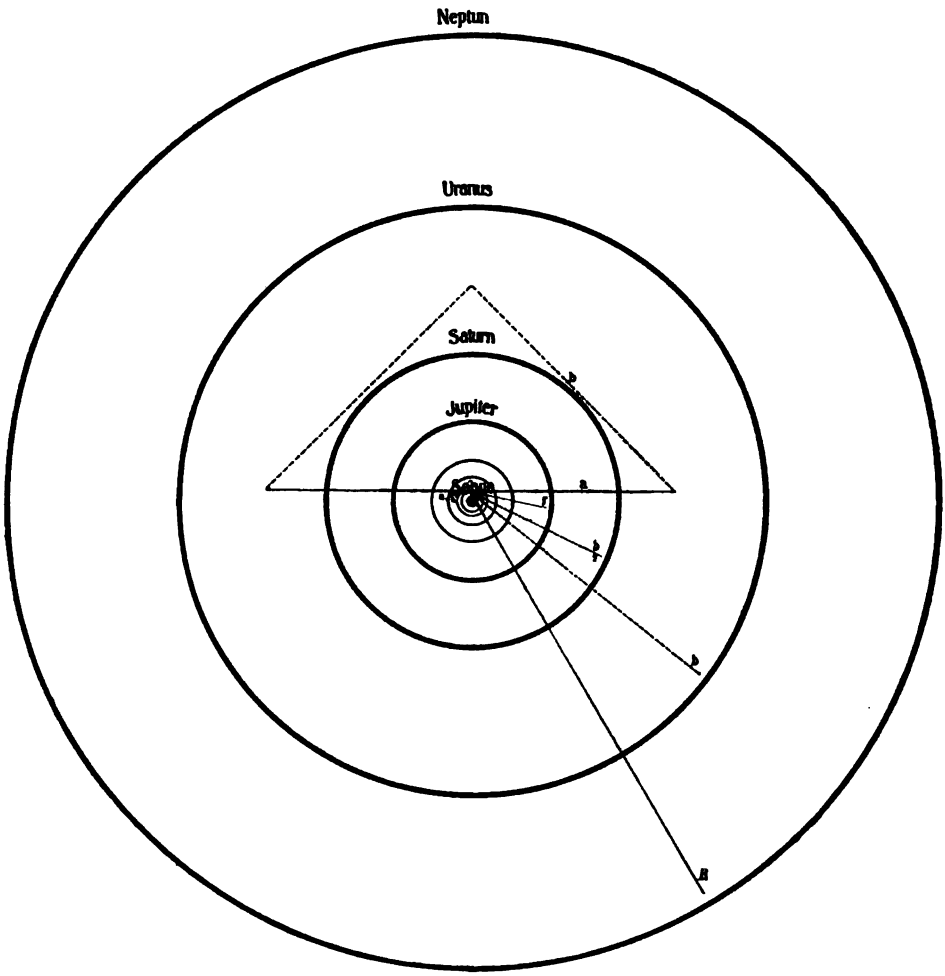
Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Dodekaeder, Ikosaeder. Um und in jeden von diesen Körpern läßt sich eine Kugel zeichnen. Kepler dachte sich nun zuerst eine Kugel mit dem Radius der Merkurbahn beschrieben und um diese ein Oktaeder. Um das Oktaeder wird eine neue Kugelfläche beschrieben, deren Radius der der Venusbahn ist. Um diese Kugel ein Ikosaeder und um dieses die dritte Kugel, deren Radius dem der Erdbahn gleichkommt. Es folgt ein Dodekaeder, das sich der dritten Kugel anschmiegt und seinerseits eine vierte Kugelfläche berührt, deren Radius gleich dem der Marsbahn sein soll. Um die nun folgende große Brücke zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter auszufüllen, legt Kepler um die vierte Kugel ein Tetraeder, das sich wegen seiner geringen Flächenzahl mit den Ecken am meisten von der Innenkugel entfernt; die durch die Ecken dieses Körpers gelegte Kugel soll dann den Radius der Jupiterbahn haben und von einem Würfel äußerlich berührt werden, durch dessen Ecken die letzte Kugel mit dem Radius der Saturnbahn geht. Es ist leicht, aus der jetzigen genaueren Kenntnis der Bahnen nachzuweisen, daß diese Annahmen nur eine rohe Näherung darstellen.»[1])

Im 18. Jahrhundert stellte Titius eine empirische Regel für die Planetenhalbachsen auf, welche gewöhnlich, obgleich mit Unrecht, nach Johann Elert Bode die Bodesche Regel genannt wird. Wird der zehnte Teil der großen Bahnhalbachse der Erde als Einheit angenommen, so können die großen Halbachsen der anderen Planetenbahnen durch Näherungswerte dargestellt werden, die ein bestimmtes mathematisches Gesetz befolgen, so wie es nachfolgende Tabelle angibt.

Planet	Genäherter Halbachsenwert	Wahrer Halbachsenwert	Abweichung
Merkur	4 + 0 × 3 = 4	3·87	+ 0·13
Venus	4 + 1 × 3 = 7	7·23	− 0·23
Erde	4 + 2 × 3 = 10	10·00	0·00
Mars	4 + 4 × 3 = 16	15·24	+ 0·76
x	4 + 8 × 3 = 28		
Jupiter	4 + 16 × 3 = 52	52·03	− 0·03
Saturn	4 + 32 × 3 = 100	95·39	+ 4·61
Uranus	4 + 64 × 3 = 196	191·83	+ 4·17
Neptun	4 + 128 × 3 = 388	300·57	+ 87·43

[1]) Nach J. Plassmann: Himmelskunde, Seite 185.

Die Abweichung bei den im Altertume bekannten Planeten und beim Saturn ist noch mäßig, aber beim Neptun schon sehr groß. Übrigens ist das erste Glied, wie Gauss sagt, gesetzwidrig.



Abbild. 4. Die Bahnen und Entfernungen der Planeten. Die inneren Kreise stellen der Reihe nach die Bahn der Planetoiden, des Mars, der Erde, der Venus und, ganz nahe der Sonne, die des Mercur dar.

Den einfachsten Weg, die Gesetzmäßigkeit der Entfernungen der Planeten von der Sonne zu enträtseln, weisen die harmonischen Grundfiguren, das harmonische Dreieck und der harmonische Kreis.

Die großen oder äußeren Planeten.

Wird die mittlere Entfernung des Neptun mit R angenommen,

so ist die des Uranus b,

des Saturn $\frac{b}{2}$

und des Jupiter r.

Die Abweichungen von den gemessenen Werten sind, wie aus folgender Tabelle zu ersehen ist, ganz gering.

Planet	Mittlere Entfernung in Erdbahnhalbmessern		Abweichung	Verhältnis, wenn $a = 1$
	gemessen	berechnet nach dem harm. Dreieck $a = 26{\cdot}88$		
Neptun	30·057	$R = 30{\cdot}057$	0·00	$\sqrt{5}$
Uranus	19·183	$b = 19{\cdot}008$	0·175	$\sqrt{2}$
Saturn	9·539	$\frac{b}{2} = 9{\cdot}504$	0·035	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
Jupiter	5·203	$r = 5{\cdot}56$	0·357	$\sqrt{2}-1$

Die großen Planeten sind um die Sonne harmonisch angeordnet; ihre Entfernungen von der Sonne verhalten sich wie $R : b : \frac{b}{2} : r$ oder $\sqrt{5} : \sqrt{2} : \frac{\sqrt{2}}{2} : \sqrt{2} - 1$.

Die kleinen oder inneren Planeten.

Mars, Erde, Venus und Merkur unterscheiden sich von den großen Planeten durch ihre geringere Größe und Helligkeit und kleinere Entfernung von der Sonne. Auch die plötzliche starke Vergrößerung des Abstandes zwischen Mars und Jupiter kennzeichnet Jupiter als ersten einer neuen Reihe. Es ist daher gerechtfertigt, die Gruppe der kleinen Planeten gegenüber den großen für sich zu behandeln. Die Bahnen des Merkur und des Mars sind ziemlich exzentrisch, besonders, wie früher erwähnt, die des Mars.

Wie die Anordnung der großen Planeten durch die harmonischen Grundfiguren enträtselt wurde, so auch die der kleinen.

Die mittlere Entfernung des Mars ist R,
der Erde b,
der Venus $\frac{a}{2}$
und des Merkur $\frac{R}{4}$.

Planet	Mittlere Entfernung in Erdbahnhalbmessern		Abweichung	Verhältnis wenn $a = 1$
	gemessen	berechnet nach dem harm. Dreieck $a = 1{\cdot}414$		
Mars	1·52	$R = 1{\cdot}586$	0·066	$\sqrt{5}$
Erde	1·00	$b = 1{\cdot}00$	0·00	$\sqrt{2}$
Venus	0·723	$\frac{a}{2} = 0{\cdot}707$	0·016	1
Merkur	0·387	$\frac{R}{4} = 0{\cdot}396$	0·009	$\frac{\sqrt{5}}{4}$

Die kleinen Planeten sind harmonisch um die Sonne angeordnet; ihre Entfernungen verhalten sich wie $R : b : \frac{a}{2} : \frac{R}{4}$ oder $\sqrt{5} : \sqrt{2} : 1 : \frac{\sqrt{5}}{4}$.

Die Planetoiden.

Zwischen den Planeten Jupiter und Mars war schon lange der große Abstand aufgefallen. Angeregt durch die empirische Regel des Titius-Bode suchten die Astronomen eifrig nach dem errechneten Planeten. Aber an Stelle eines Planeten fand man mehrere kleine Körper, die man Planetoiden oder Asteroiden nannte. Ihre Zahl wuchs auf 600 und darüber. Dieser Schwarm von Planetoiden ist in der Entfernung von 1·4 bis 5·2 Erdbahnhalbmessern ausgebreitet. Die meisten sind in der Entfernung 2·1 bis 3·4 Erdbahnhalbmessern angehäuft im Mittel 2·75, das ist annähernd in der halben Jupiterentfernung $\left(\frac{r}{2} = 2{\cdot}783\right)$.

Zusammenhang zwischen großen und kleinen Planeten.

Bis jetzt sind beide Gruppen getrennt betrachtet worden. Wie sie aber sonst gleichen Gesetzen folgen und in engen Beziehungen stehen, so ist auch ihre Anordnung auf eine Einheit zurückzuführen.

Wird der vierte Teil der Jupiterentfernung $\left(\frac{r}{4}\right)$ gleich der Hypothenuse des harmonischen Dreieckes, welches der Harmonie der kleinen Planeten zugrunde liegt, gesetzt, hiebei die Entfernung der Erde $1 = b$ festhaltend, so sind alle Entfernungen von einem einzigen harmonischen Dreieck abzuleiten.

Folgende Tabelle gibt die Abweichungen der Berechnungen nach dem harmonischen Dreieck $a = 272{\cdot}94$ und nach dem Titius-Bodeschen Gesetz von den gemessenen Werten.

Planet	Mittlere Entfernung von der Sonne, Einheit ein Zehntel des Erdbahnhalbmessers			Abweichung von dem		Verhältnis wenn $a = 1$
	gemessen	nach dem Titius-Bodeschen Gesetz	nach dem harm. Dreieck $a = 272{\cdot}94$	Titius-Bodeschen Gesetz	harm. Dreieck	
Merkur . . .	3·87	4	$\frac{R_I}{4} = 3{\cdot}96$	0·13	0·09	$\frac{(\sqrt{2}-1)\sqrt{5}}{32}$
Venus	7·23	7	$\frac{a_I}{2} = 7{\cdot}07$[1])	0·23	0·16	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$
Erde	10·00	10	$b_I = 10{\cdot}00$	0·00	0·0	$\frac{(\sqrt{2}-1)\sqrt{2}}{8}$
Mars	15·24	16	$R_I = 15{\cdot}86$	0·76	0·62	$\frac{(\sqrt{2}-1)\sqrt{5}}{8}$
Größte Dichte der Planetoiden	21—34	28	$\frac{r}{2} = 28{\cdot}28$			$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
Jupiter . . .	52·03	52	$r = 56{\cdot}56$	0·03	4·53	$\sqrt{2}-1$
Saturn	95·39	100	$\frac{b}{2} = 96{\cdot}48$	4·61	1·09	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
Uranus . . .	191·83	196	$b = 192{\cdot}96$	5·96	1·13	$\sqrt{2}$
Neptun . . .	300·57	388	$R = 305{\cdot}15$	87·43	5·38	$\sqrt{5}$

[1]) $a_I = 14{\cdot}14 = \frac{r}{4}$.

Die Berechnungen nach dem Titius-Bodeschen Gesetze weichen von den Messungen mehr ab als die nach dem harmonischen Dreieck. Die Anordnung der Planeten ist somit nicht nur innerhalb der beiden Gruppen harmonisch, sondern auch untereinander. Die einfachste und genaueste Lösung ihrer Harmonie bieten die harmonischen Grundfiguren.

2. Die Bahnen und Entfernungen der Trabanten.

So wie die Erde einen Begleiter, den Mars, hat, der um sie kreist, so besitzen auch die meisten der übrigen Planeten ihre Monde, Trabanten

oder Begleiter, ja die großen Planeten haben mit Ausnahme des Neptun mehrere, so Jupiter 8, Saturn 10 und Uranus 4. Von den kleinen Planeten kann sich nur der Mars zweier Trabanten rühmen, während Merkur und Venus ohne Begleiter ihre Bahnen vollführen müssen.

Die Planeten sind für ihre Trabanten, was die Sonne für die Planeten, das Zentrum,[1]) um das sie kreisen. Die Analogie geht noch weiter, sie bewegen sich nach denselben Keplerschen Gesetzen wie die Planeten. Eine wunderbare Wiederholung des Großen im Kleinen! Auch ihre Entfernungen sind ebenso harmonisch wie die der Planeten, doch nicht ein Abklatsch dieser, sondern Abänderungen oder Variationen, auf denselben Grundlagen aufbauend. Das Gesetz der Variabilität im Organischen waltet auch im Weltall, und zwar ebensowenig richtungslos wie dort.

Die zwei Trabanten des Mars, Phobos und Deimos oder Furcht und Schrecken benannt, bewegen sich in fast kreisförmigen Bahnen um ihn. Die Entfernung vom Marszentrum beträgt für Phobos 2·70, für Deimos 6·74 Halbmesser des Planeten, das sind 9100 und 23000 km.

Deimos	6·74	$a = 6{\cdot}74$	1
Phobos	2·70	$2r = 2{\cdot}79$	$\sqrt{2}-1$.

Ihre Entfernungen sind harmonisch; sie stehen im Verhältnisse von $1 : \sqrt{2}-1$.

Die vier Trabanten des Uranus sind Oberon, Titania, Umbriel und Ariel.[2]) Die mittleren Entfernungen in Halbmessern des Planeten sind:

	Gemessen	Nach dem harm. Dreieck $a = 19{\cdot}268$	Abweichung	Verhältnis wenn $a = 1$
Oberon	21·54	$R = 21{\cdot}54$	0·0	$\sqrt{5}$
Titania	16·11	$b + r = 17{\cdot}586$	1·476	$2\sqrt{2}-1$
Umbriel	9·91	$\frac{a}{2} = 9{\cdot}634$	0·276	1
Ariel	7·04	$\frac{b}{2} = 6{\cdot}81$	0·23	$\sqrt{2}$

[1]) Das Zentrum ist natürlich nicht der Mittelpunkt des Hauptkörpers, sondern der gemeinsame Schwerpunkt des Hauptkörpers und der um sie rotierenden Körper.

[2]) Die beiden äußeren wurden von John Herschel so benannt zur Erinnerung an Shakespeares «Sommernachtstraum», die beiden inneren zur Erinnerung an desselben Dichters Lustspiel «Der Sturm und Popes Lockenraub».

Die Entfernungen der Trabanten des Uranus stehen in den harmonischen Verhältnissen $R : b + r : \frac{a}{2} : \frac{b}{2}$ oder $\sqrt{5} : 2\sqrt{2} - 1 : 1 : \sqrt{2}$ zueinander.

Jupiter, der größte unter den Planeten, hat acht Monde, die nach ihrer Größe in zwei Gruppen zerfallen. Die vier großen Trabanten sind bereits 1610 von Galilei, die vier kleinen erst Ende des 19. Jahrhunderts entdeckt worden. Die vier großen Jupitermonde werden mit den römischen Ziffern I bis IV, die der drei äußeren mit VI, VII, VIII und des innersten mit V bezeichnet. Alle bewegen sich mit Ausnahme des VIII direkt, d. i. von rechts nach links, VIII ist rückläufig. Einige Forscher halten die drei äußersten Monde für eingefangene, d. h. durch die Anziehung des Jupiters zur Umkreisung um ihn gezwungene Planetoiden. Tatsächlich stehen die fünf inneren Trabanten gegenüber den äußeren in engerem Zusammenhange, was auch in der Harmonie der Anordnung zum Ausdrucke kommt. Vergleiche Tabelle.

Trabant	Mittlere Entfernung in Halbmessern des Planeten		Abweichung	Verhältnis wenn $a = 1$	Verhältnis wenn $a_1 = 1$
	gemessen	nach d. harm. Dreieck $a = 299{\cdot}7$ $a_1 = 25{\cdot}70$			
V	2·5	$\frac{r_1}{2} = 2{\cdot}45$	0·05	$\frac{2-\sqrt{2}}{16\sqrt{5}}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
I Io	5·93	$\frac{a_1}{4} = 5{\cdot}92$	0·01	$\frac{\sqrt{2}}{16\sqrt{5}}$	$\frac{1}{2}$
II Europa . . .	9·44	$2\,r_1 = 9{\cdot}80$	0·36	$\frac{2-\sqrt{2}}{4\sqrt{5}}$	$2\,(\sqrt{2}-1$
III Ganymed .	15·06	$b_1 = 16{\cdot}75$	1·69	$\frac{1}{4\sqrt{5}}$	$\sqrt{2}$
IV Callisto . .	26·49	$\frac{b}{8} = 26{\cdot}49 = R_1$	0·00	$\frac{\sqrt{2}}{8}$	$\sqrt{5}$
VI	158	$\frac{a}{2} = 149{\cdot}9$	8·1	1	
VII	165	$\frac{R}{2} = 167$	2	$\frac{\sqrt{5}}{2}$	
VIII	352	$R = 335$	17	$\sqrt{5}$	

Die Verhältnisse der Entfernungen der inneren Trabanten sind $R : b : 2\,r : \frac{a}{4} : \frac{r}{2}$ oder $\sqrt{5} : \sqrt{2} : 2\ (\sqrt{2} - 1) : \frac{1}{2} : \frac{\sqrt{2}-1}{2}$, die der äußeren $R : \frac{R}{2} : \frac{a}{2}$ oder $\sqrt{5} : \frac{\sqrt{5}}{2} : 1$.

Durch Vereinheitlichung auf die Hypothenuse $a = 299{\cdot}7$ wird die Darstellung ihrer Verhältnisse zueinander komplizierter, ähnlich wie bei den Planeten.

Saturn wird außerhalb seiner Ringe noch von zehn Trabanten begleitet, die zum größten Teile schon im 17. und 18. Jahrhundert bekannt waren. Nur zwei, nämlich VII und X wurden erst in neuerer Zeit durch die Photographie entdeckt. Von allen ist nur X rückläufig, der für einen eingefangenen sonnenfernen Planetoiden gehalten wird. Die Saturnmonde sind klein mit Ausnahme des VI., Titan, der größer als der Erdmond ist.

Zur Darstellung der Beziehungen ihrer Entfernungen werden drei harmonische Dreiecke angewendet.

Auffallend ist die Abweichung der Verhältnisse der Entfernung von denen bei den Planeten und anderen Trabanten. Sie dürften wahrscheinlich noch eine Änderung erfahren.

Folgende Tabelle gibt die mittlere Entfernung der Trabanten des Saturn und ihrer Verhältnisse.

Trabant	Mittlere Entfernung in Halbmessern des Saturns		Abweichung	Verhältnis wenn $a = 1$
	gemessen	nach dem harm. Dreieck		
I	3·07	$\frac{b_{II}}{4} = 3{\cdot}12$	0·05	$\frac{\sqrt{2}}{20}$
II	3·94	$r_{II} = 3{\cdot}86$	0·08	$\frac{\sqrt{2}-1}{5}$
III	4·87	$\frac{a_{II}}{4} = 4{\cdot}666$	0·19	$\frac{1}{10}$
IV	6·25	$\frac{b_{II}}{2} = 6{\cdot}59$	0·34	$\frac{\sqrt{2}}{10}$
V	8·73	$\frac{a_{II}}{2} = 9{\cdot}333$	0·60	$\frac{1}{5}$
VI	20·22	$\frac{b_I}{2} = 20{\cdot}87$	0·65	$\frac{1}{\sqrt{5}}$
VII	24·0	$2\,r_I = 24{\cdot}44$	0·44	$\frac{2-\sqrt{2}}{\sqrt{5}}$
VIII	24·49		0·05	
IX	58·91	$a_I = 59{\cdot}04$	0·13	$\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{5}}$
X	209·3	$R = 209{\cdot}3$	0·0	$\sqrt{5}$

3. Saturn und seine Ringe.

Einer der merkwürdigsten Planeten des Sonnensystems ist der Saturn. Galilei, der sich um die Feststellung der wahren Gestalt des Saturns Anfang des 17. Jahrhunderts bemühte, glaubte ihn dreifach zu sehen.

Um die Mitte des 17. Jahrhunderts machte Huygens die Entdeckung, daß den Saturn ein dünner, flacher Ring, der nirgends mit dem Saturn verwachsen ist, umgibt. Die Ebene des Ringes bleibt beständig dieselbe. Der Ring ist nicht einfach, sondern weist eine fast durchgehende Teilung auf, die nach ihrem Entdecker Cassini (1677) die cassinische Teilung genannt wird. Sie zerlegt den Ring in einen äußeren und einen inneren. Der äußere ist wieder geteilt, die sogenannte Enkesche Teilung (Enke 1837), welche nur zeitweise sichtbar ist. Innerhalb der zwei Ringe ist ein mattes Gebilde, der Florring.

Die Ringe bestehen aus sehr vielen und sehr kleinen einzelnen Körpern, deren Größe im Vergleich zu ihren Abständen gering ist. Sie sind mit dem Planetoidengürtel zu vergleichen. Jedes Körperchen macht seinen Lauf um den Saturn wie ein kleiner Mond. Das zeitweilige Auftreten der Enkeschen Teilung und anderer Trennungslinien auf den hellen Ringen ist auf den Einfluß der Saturntrabanten zurückzuführen, welche die Bahnen der Möndchen der Ringe in ähnlicher Weise verändern wie die Planeten Jupiter und Mars die Bahnen der Planetoiden (siehe Planetoiden).

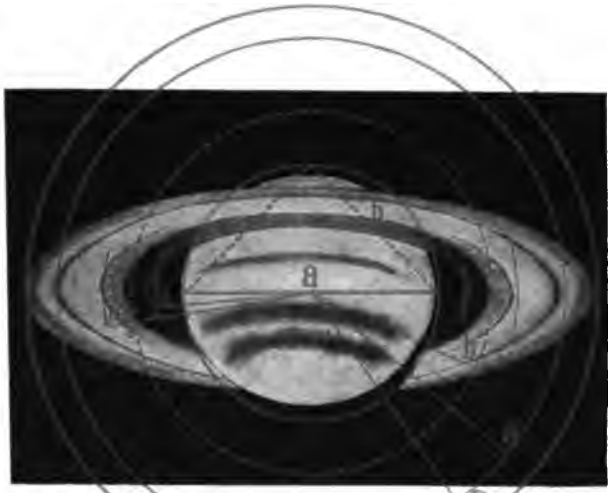
Die Anordnung der Ringe um den Planeten ist eine ganz bestimmte. Folgende Bestimmung gibt die Maße nach Barnard in Myriom (= 10.000 m).

	Entfernung		Abweichung	Verhältnis, wenn $a = 1$
	gemessen	nach d. harm. Dreieck $a = 12478$		
Äußerer Halbmesser des äußeren Ringes	13950	$R = 13950$	0	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
Innerer Halbmesser des äußeren Ringes	12070	$a = 12478$	408	1
Äußerer Halbmesser des inneren Ringes	11680	$b + r = 11405$	275	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
Innerer Halbmesser des inneren Ringes	8840	$b = 8822$	18	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
Breite der beiden Ringe . . .	5110	$2r = 5166$	56	$\sqrt{2}-1$
Entfernung der inneren hellen Ringgrenze vom Planeten	2690	$r = 2583$	107	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
Äquatorialhalbmesser des Planeten	6140	$\frac{a}{2} = 6239$	99	$\frac{1}{2}$

In der Abbildung (5) sind Saturn und seine Ringe nach den Messungen Barnards schematisch von oben gesehen dargestellt, in welcher Stellung er sich dem Beschauer von der Erde allerdings nie bietet.

Abbild. 5. Saturn und seine Ringe, schematisiert von oben gesehen.

Die nächste Abbildung (6) gibt den Anblick von der Erde aus nach der Beobachtung und Zeichnung Josef Rhedens. Der Florring beginnt in einer Entfernung d vom Mittelpunkte des Planeten und reicht bis b. Der innere Ring zeigt eine Abstufung einer dunkleren Schattierung, welche die Breite von $\frac{r}{2}$ hat.



Abbild. 6. Saturn und seine Ringe, nach Beobachtung und Zeichnung von Jos. Rheden in der Privatsternwarte von Dr. Pietro Libera in Trient.
Aus Plassmann, Himmelskunde, S. 376.

Die Anordnung der Saturnringe nach den Verhältnissen $R:a:b+r:b:\frac{a}{2}$ oder $\frac{\sqrt{5}}{2}:1:\frac{2\sqrt{2}-1}{2}:\frac{\sqrt{2}}{2}:\frac{1}{2}$ ist durchwegs harmonisch.

4. Die Anordnung der Planetoiden.

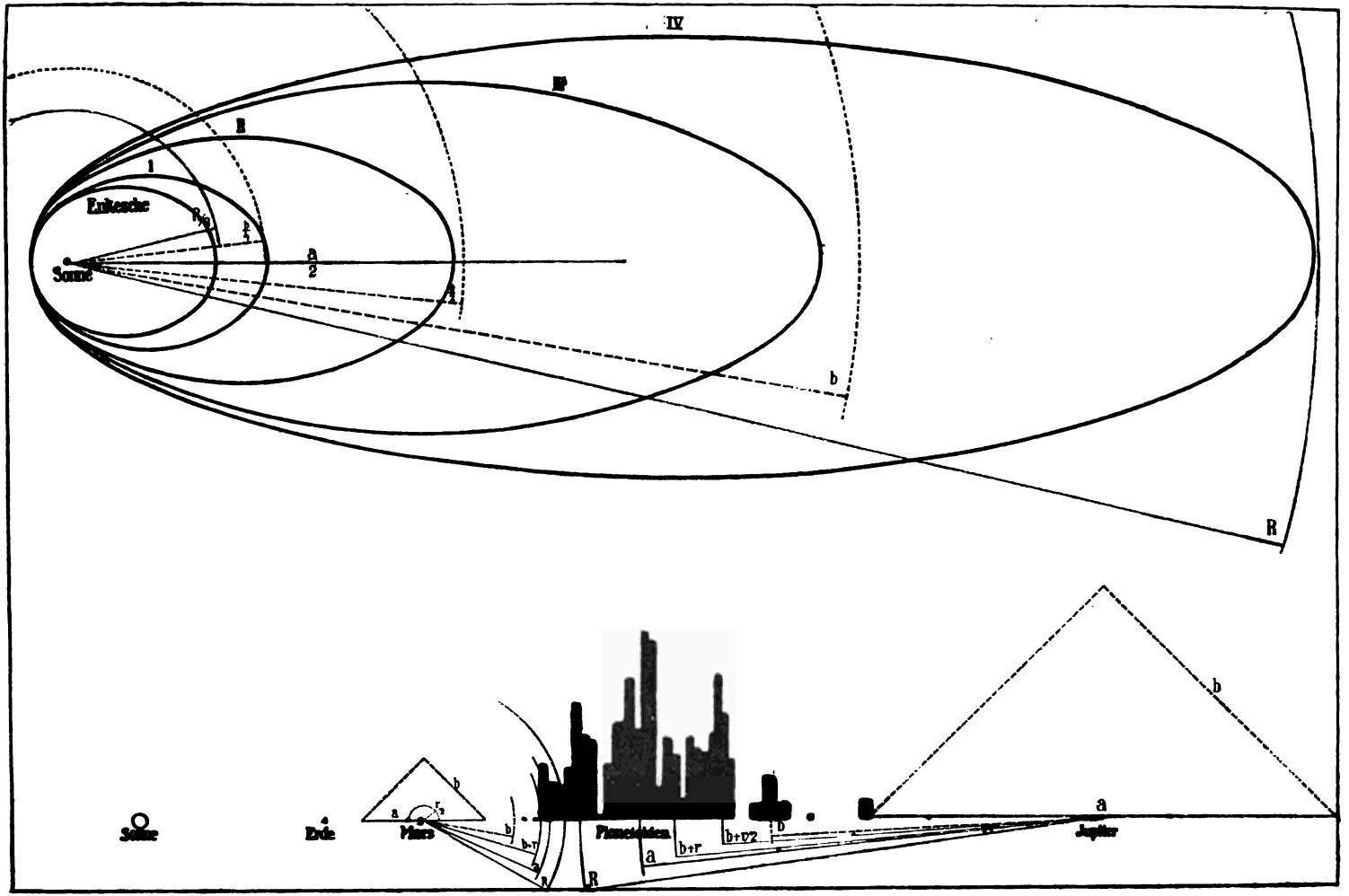
Zwischen der Bahn des Mars und Jupiters kreist ein Schwarm von mehr als 700 kleinen Planeten, welche den Namen Planetoiden oder Asteroiden erhielten. Der Durchmesser dieser Körper beträgt 10·780 km. Sie sollen Überreste eines zertrümmerten Planeten sein. Ihre Entdeckung erfolgte auf Anregung des Titius Bodeschen Gesetzes, demzufolge an dieser Stelle ein Planet sein sollte.

In ihrem elliptischen Laufe um die Sonne werden sie durch den ihnen ziemlich nahen Jupiter gestört.[1]) Zwar ist auch der störende Einfluß des Mars und des Saturns nachgewiesen, doch ist der des Mars wegen der geringen Maße des Planeten, der des Saturns wegen seiner großen Entfernung sehr klein.

Die Grenzen der Bahnen der Planetoiden liegen zwischen 2·17 und 4·26 Erdbahnhalbmessern. Nur die Entfernung des Eros, dessen Bahn die des Mars kreuzt, ist 1·46. Einige reichen nahe an Jupiter heran, 5·2, nämlich die Planetoiden Hektor, Achilles, Patroklus und Anonyma.

Die Untersuchung der Verteilung der Planetoiden, nach statistischen Grundsätzen durchgeführt, führte zur merkwürdigen Tatsache,

[1]) Siehe S. Oppenheim, Probleme der modernen Astronomie, S. 25.



Abbild. 7. Die Bahnen der periodischen Kometen. Vom harmonischen Dreieck ist nur $\frac{a}{2}$ angegeben.

» 8. Die Anordnung der Planetoiden. Die dunkel gehaltene Figur stellt die Anhäufung der Planetoiden schematisch dar.

daß ihre Anordnung zwischen den erwähnten Grenzen nicht eine regelmäßige, d. h. eine stetig von Anfang an gegen die Mitte hin ansteigende und dann gegen das Ende zu wieder abnehmende ist, sondern an mehreren Stellen Anhäufungen und an anderen Lücken aufweist. Lücken und Häufungen treten an bestimmten Stellen besonders markant auf. Sie sind vom Jupiter in ganz bestimmten Verhältnissen entfernt. Die erste Anhäufung ist (Abbildung 8) vom Jupiter

in der Entfernung $\frac{a}{2}$, die zweite
» » » b, weiters sind
Anhäufungen in den Entfernungen $b+\frac{r}{2}$,
$b+r$,
a und
R.

Die Anhäufung in der Entfernung a ist die größte.

Der Einfluß des Mars ist bedeutend kleiner (Abbildung 8). In der Entfernung $\frac{r}{2}$ von Mars gegen die Sonne ist Eros, in der entgegengesetzten Richtung in der Entfernung b Hungaria, in $b+r$ Adalberta und Brucia. Bei a ist eine Anhäufung von 15, bei R von 10 Planetoiden. Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Verhältnisse der Anordnung der Planetoiden.

Planeten und Planetoiden	Anzahl der Planetoiden	Entfernung von der Sonne in Erdbahnhalbmessern	Entfernung der Anhäufung			Verhältnis, wenn $a=1$
			von der Sonne	vom Mars	nach dem harm. Dreieck $a=0{\cdot}686$	
Mars		1·523				
Eros	1	1·458		0·065	$\frac{r}{2}=0{\cdot}071$	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$
Hungaria . .	1	1·944		0·421	$b=0{\cdot}485$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
Adalberta . .	1	2·089		0·566	$b+r=0{\cdot}627$	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
Brucia	1	2·157		0·634	$b+r=0{\cdot}627$	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
124	15	2·172—2·217	2·172—2·217	0·649—0·694	$a=0{\cdot}686$	1
	10	2·217—2·261				
	9	2·261—2·305	2·261—2·305	0·738—0·782	$R=0{\cdot}767$	$\frac{\sqrt{5}}{2}$

Planeten und Planetoiden	Anzahl der Planetoiden	Entfernung von der Sonne in Erdbahnhalbmessern	Entfernung der Anhäufung			Verhältnis, wenn $a = 1$
			von der Sonne	vom Jupiter	nach dem harm. Dreieck $a = 2{\cdot}606$	
	14	2·305—2·349	2·290	2·913508	$= R$	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
124	32	2·349—2·392				
	23	2·392—2·435				
	21	2·435—2·478				
1	1	2·478—2·520				
	15	2·520—2·562				
	26	2·562—2·603				
	26	2·603—2·644	2·597—2·685	2·606	$= a$	1
228	38	2·644—2·685				
	24	2·685—2·726				
	51	2·726—2·766				
	48	2·766—2·806				
8	8	2·806—2·846				
	22	2·846—2·886	2·822	2·383	$= b + r$	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
39	17	2·886—2·924				
5	5	2·924—2·963				
	22	2·963—3·002				
	19	3·002—3·040				
	17	3·040—3·078	3·091	2·113	$= b + \frac{r}{2}$	$\frac{3\sqrt{2}-1}{4}$
164	23	3·078—3·116				
	39	3·116—3·153				
	28	3·153—3·191				
	16	3·191—3·228				
0	0	3·228—3·302				
	4	3·302—3·375				
20	12	3·375—3·447	3·4406	1·843	$= b$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
	4	3·447—3·518				
	0	3·518—3·589				
	1	3·589—3·659				
	—	3·659—3·900				
	5	3·900—3·967	3·900	1·303	$= \frac{a}{2}$	$\frac{1}{2}$
6	1	4·263				
Hektor . . .						
Achilles . . .		520	520	0		
Patroklus . .						
Anonyma . .						
Jupiter		5·203				

Jupiter und Mars ordnen die Planetoiden so an, daß die Maxima der Anhäufungen in harmonischen Entfernungen von ihnen auftreten, wie R, a, $b+r$, $b+\frac{r}{2}$, b, $\frac{a}{2}$, respektive R, a, $b+r$, b, $\frac{r}{2}$.[1])

5. Die Größenverhältnisse der Planeten.

Schon der große griechische Philosoph Pythagoras hat behauptet, daß die Erde Kugelgestalt habe. Aristoteles und später Plinius haben diese Anschauung zu beweisen versucht. Genaue Gradmessungen am Ende des 18. Jahrhunderts haben ergeben, daß die Erde keine vollkommene Kugel ist, sondern an den Polen abgeplattet ist, so daß ihre Gestalt die eines Rotationsellipsoides oder Sphaeroides ist, welches durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Achse entsteht. Die meisten Planeten sind ähnlich wie die Erde an ihren Polen abgeplattet, so daß bei der Messung ihrer Größe zwei Durchmesser, der äquatoriale (große) und polare (kleine), berücksichtigt werden müssen. Die gemessenen Werte der Durchmesser sind keineswegs sehr genau, was oft in der Schwierigkeit der Meßbarkeit begründet ist. Daher schwanken die Angaben oft ganz beträchtlich, z. B. die über Merkur.

Umstehende Tabelle gibt die Äquatorialdurchmesser der Planeten und ihre Größenverhältnisse an.

Die Größen der Planeten sind harmonisch.[2]) Ihre Äquatorialdurchmesser stehen in den Verhältnissen $2R:2(b+r):a$, $b:r:\frac{r}{2}:\frac{b}{8}$ oder $\sqrt{5}:2\sqrt{2}-1:1:\frac{\sqrt{2}}{2}:\frac{\sqrt{2}-1}{2}:\frac{\sqrt{2}-1}{4}:\frac{\sqrt{2}}{16}$.

---

[1]) Eine ähnliche Rolle wie Jupiter und Mars bei der Anordnung der Planetoiden spielen die beiden ersten Saturnmonde auf die Teilung des Saturnringes.

Ist die Entfernung des äußeren Randes des äußeren Ringes
vom ersten Saturnmonde $\frac{a}{2}$, so ist die des inneren
Randes b, die des inneren
Randes des inneren Ringes R.

Vom zweiten Saturnmonde ist
der äußere Rand des äußeren Ringes b,
der äußere Rand des inneren Ringes $b+r$,
der innere Rand des inneren Ringes R entfernt.

[2]) Die Beziehungen der Größenverhältnisse zwischen Sonne und Planeten werden durch Jupiter oder Saturn hergestellt.

Ist der Sonnenhalbmesser von 65590 myriom gleich R oder $\sqrt{5}$,

Planet	Äquatorialer Durchmesser (Einheit ist der Durchmesser der Erde)		Abweichung	Verhältnis, wenn $a = 1$
	gemessen	Berechnet nach dem harm. Dreieck $a = 5{\cdot}054$		
Jupiter	11·3	$2R = 11{\cdot}3$	0·0	$\sqrt{5}$
Saturn	9·25	$2(b+r) = 9{\cdot}24$	0·01	$2\sqrt{2}-1$
Neptun	5·11	$a = 5{\cdot}054$	0·057	1
Uranus	3·94	$b = 3{\cdot}573$	0·367	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
Erde	1·00	$r = 1{\cdot}046$	0·046	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
Venus	1·00	$r = 1{\cdot}046$	0·046	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
Mars	0·53	$\frac{r}{2} = 0{\cdot}523$	0·007	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$
Merkur	0·38	$\frac{b}{8} = 0{\cdot}445$	0·065	$\frac{\sqrt{2}}{16}$

6. Die Größenverhältnisse der Trabanten.

Sind schon die Angaben über die Größe der Planeten meist unzuverlässig, so erscheinen die über die Größe der Trabanten noch viel schwankender. Daher werden hier nur einige erwähnt.

Die Durchmesser der Marstrabanten betragen 58 und 16 km; sie verhalten sich wie $R : \frac{b}{2}$ oder $\sqrt{5} : \frac{\sqrt{2}}{2}$ $\left(R = 58, \frac{b}{2} = 18\right)$.

Die Durchmesser der vier größeren Jupitermonde verhalten sich nach den Messungen von Barnard (siehe Tabelle) wie $\sqrt{5} : 1 : \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{\sqrt{5}-1}{2}$. Nach anderen Messungen betragen die Durchmesser:

für III	4770 km	$R = 4770$	Abweichung	0
» IV	4408 »	$a = 4268$	»	140
» I	3145 »	$b = 3016$	»	129
» II	2817 »	$b = 3016$	»	199

---

so ist der Saturnhalbmesser von 6150 myriom gleich $\frac{r}{2}$ oder $\frac{\sqrt{2}-1}{2}$

und der des Jupiters » 7250 » » $\frac{a}{8}$ » $\frac{1}{4}$

$\left(R = 65590,\ \frac{r}{2} = 6090,\ \frac{a}{8} = 7377\right)$.

Die Verhältnisse sind für diese Messungen $\frac{\sqrt{5}}{2} : 1 : \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{\sqrt{2}}{2}$.

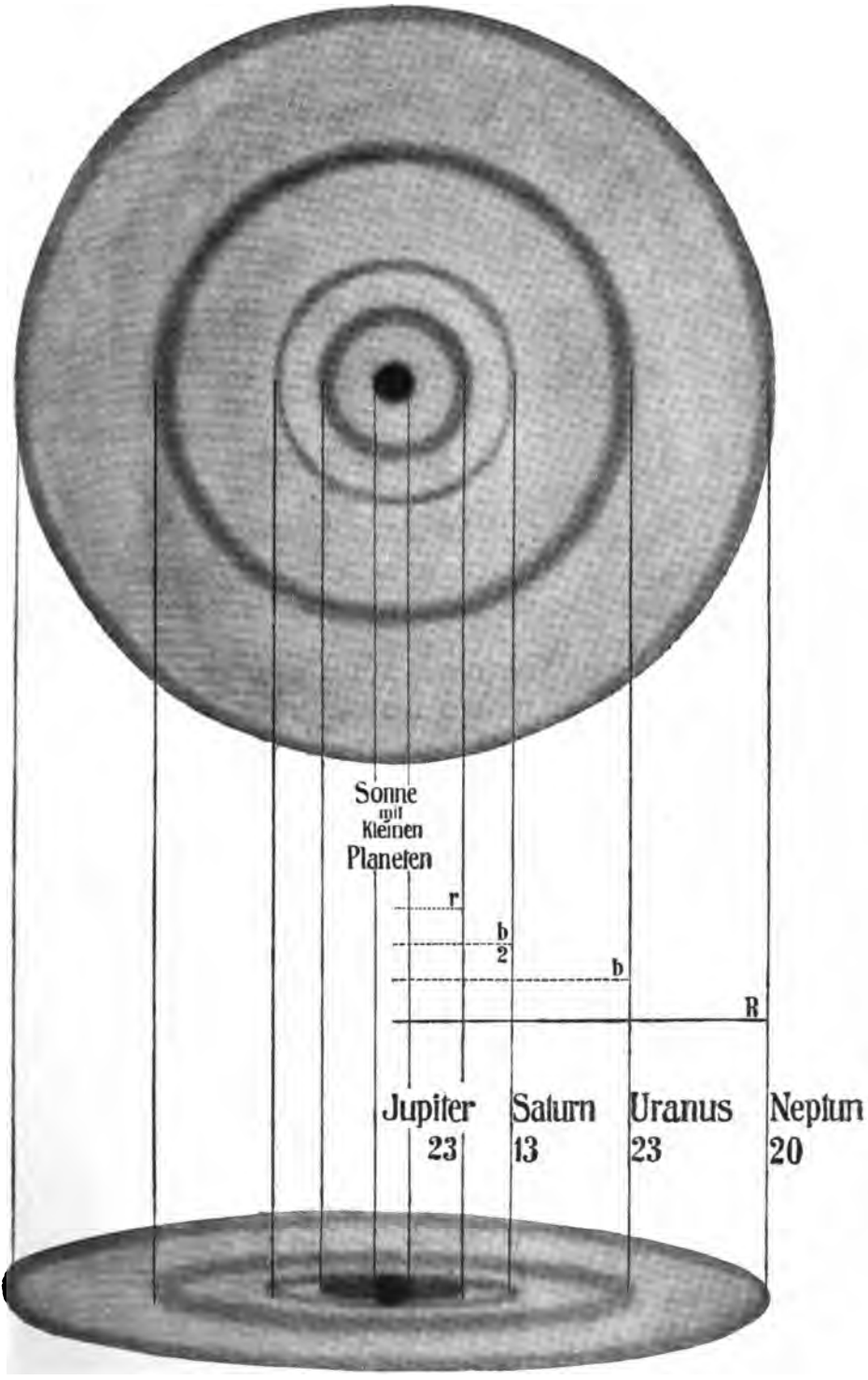
Die übrigen vier Trabanten Jupiters sind wesentlich kleiner. VI soll einen Durchmesser von 160 km, V, VII und VIII je 50 km haben. $160 : 50 = R : \frac{b}{2}$ oder $\sqrt{5} : \frac{\sqrt{2}}{2}$ $\left(R = 160,\ \frac{b}{2} = 50{\cdot}6\right)$.

Die Trabanten des Uranus haben Durchmesser, die sich wie $\frac{\sqrt{5}}{2} : 1 : \frac{2\sqrt{2}-1}{2} : \frac{\sqrt{2}}{2}$ oder $R : a : b + r : b$ verhalten.

Betreffs der wahren Größen der Saturnmonde ist man im allgemeinen auf Vermutungen angewiesen. Der größte soll einen Durchmesser von 4800 km haben, die meisten sind viel kleiner. Folgende Tabelle enthält daher nur die Größenangaben der Monde des Mars, Uranus und der vier großen Jupitermonde.

Trabanten	Durchmesser in km		Abweichung	Verhältnis, wenn das jeweilige $a = 1$ ist
	gemessen	nach dem harm. Dreieck		
des Mars				
Phobos	58	$R = 58$	0	$\sqrt{5}$
Deimos	15	$\frac{b}{2} = 18$	2	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
des Jupiter				
III. Ganymed	4770	$R = 4770$	0	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
IV. Callisto	4408	$a = 4268$	140	1
I. Io	3145	$b = 3016$	129	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
II. Europa	2817	$b = 3016$	199	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
des Uranus				
Titania	1350	$R = 1350$	0	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
Oberon	2295	$a = 1208$	87	1
Ariel	1030	$b + r = 1102$	72	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
Umbriel	835	$b = 853$	18	$\frac{\sqrt{2}}{2}$

Und wieder: Nicht nur die Durchmesser der Planeten sind harmonisch, sondern auch die ihrer Trabanten.



Abbild. 9. Schematische Darstellung des Sonnennebels im Stadium der Verdichtung an den Stellen der großen Planeten. Oben: Ansicht von oben. Unten: Ansicht von der Seite. Die Zahlen geben die Dichtigkeit der Planeten an. Die kleinen Planeten sind noch nicht angedeutet.

7. Die Dichte der Planeten

ist verschieden und nimmt vom Neptun gegen die der Sonne näher liegenden Planeten zu. Dies erklärt die Kant-Laplacesche Theorie so, daß der entfernteste Planet ein Überrest der Sonne ist aus der Zeit, da sie am ausgedehntesten, folglich am dünnsten war; als sie sich zusammenzog, wurde sie dichter. Denke man sich die Bildung der vier großen Planeten aus dem Sonnennebel in einer Zeitperiode vor sich gehend, so sollte Neptun die geringste, Jupiter die größte Dichte haben. Dies trifft aber nicht ganz zu, denn Saturn hat eine geringere Dichte als Neptun. Der Sonnennebel hat sich so angeordnet, daß er am dichtesten in der Entfernung b [1]) war — den äußersten Rand mit R angenommen — dann in der Entfernung r. Derselbe Vorgang wiederholte sich bei den kleinen Planeten. In der Entfernung b_I ist wieder ein dichterer Planet als bei R_I und $\frac{a_I}{2}$. Abb. 9 bringt eine schematische Darstellung des Sonnennebels im Stadium der Bildung der großen Planeten. Die Ansicht von der Seite (unten) hat Ähnlichkeit mit dem Nebel in der Andromeda oder dem Saturnring.

Die Nebelmasse der Sonne verdichtete sich in bestimmten Entfernungen vom Mittelpunkt in Form von Ringen, die sich später zu Planeten zusammenballten, oder vor ihrer Verdichtung ihrerseits wieder ringförmige Massen abstießen, aus denen Monde entstanden oder die wie bei Saturn, als Ringe blieben. Die verschiedene Dichte der Planeten deutet darauf hin, daß die Verdichtung an bestimmten harmonischen Entfernunngen in verschiedenem Grade erfolgte.

Die Dichten der Planeten stehen in harmonischen Verhältnissen, wie beistehende Tabelle zeigt.

	Dichte der Planeten nach		Abweichung	Verhältnis, wenn $a = 1$ ist
	der Berechnung der Astronomie	dem harm. Dreieck $a = 0{\cdot}932$		
Merkur	1·04	$R = 1{\cdot}04$	0·0	$\sqrt{5}$
Venus	0·87	$b + r = 0{\cdot}86$	0·01	$2\sqrt{2} - 1$
Erde	1·00	$R = 1{\cdot}04$	0·04	$\sqrt{5}$
Mars	0·71	$b = 0{\cdot}66$	0·05	$\sqrt{2}$

[1]) Man vergleiche hiezu die Emulsionsfiguren (siehe S. 53), wo das Öl hauptsächlich bei b sich ansammelt.

	Dichte der Planeten nach		Abweichung	Verhältnis, wenn $a = 1$ ist
	der Berechnung der Astronomie	dem harm. Dreieck $a = 0{\cdot}932$		
Jupiter	0·23	$R_1 = 0{\cdot}2236$	0·006	$\frac{\sqrt{5}\,(\sqrt{2}-1)}{2}$
Saturn	0·13	$b_1 = 0{\cdot}141$	0·011	$\frac{2-\sqrt{2}}{2}$
Uranus	0·23	$R_1 = 0{\cdot}2236$	0·006	$\frac{\sqrt{5}\,(\sqrt{2}-1)}{2}$
Neptun	0·20	$a_1 = 0{\cdot}20$	0·0	$\sqrt{2}-1$

8. Die Neigungen der Planetenbahnen.

Die Planetenbahnen liegen nicht in einer Ebene, sondern sind unter verschiedenen Winkeln zur Bahnebene der Erde geneigt. Diese Winkel stehen untereinander in bestimmten Verhältnissen, wie aus folgender Tabelle zu sehen ist.

Planet	Neigungswinkel in 0°		Abweichung	Verhältnis, wenn $a = 1$	Neigungswinkel, wenn $a = 6{\cdot}364$ ist [1]	Abweichung
	gemessen	nach dem harm. Dreieck $a = 6{\cdot}288$				
Merkur	7·03	$R = 7{\cdot}03$	0·0	$\sqrt{5}$	$R = 7{\cdot}115$	0·085
Venus	3·265	$\frac{a}{2} = 3{\cdot}144$	0·121	1	$\frac{a}{2} = 3{\cdot}182$	0·083
Saturn	2·49	$\frac{b}{2} = 2{\cdot}223$	0·267	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{b}{2} = 2{\cdot}2495$	0·2495
Mars	1·85	$\frac{R}{4} = 1{\cdot}755$	0·095	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{R}{4} = 1{\cdot}778$	0·088
Neptun	1·78	$\frac{R}{4} = 1{\cdot}755$	0·025	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{R_1}{4} = 1{\cdot}778$	0·002
Jupiter	1·31	$r = 1{\cdot}302$	0·008	$\sqrt{2}-1$	$r = 1{\cdot}317$	0·007
Uranus	0·76	$\frac{a}{8} = 0{\cdot}786$	0·020	$\frac{1}{4}$	$\frac{a}{8} = 0{\cdot}795$	0·029
Erde	0·0					

[1]) Wenn $R = 90°$ ist, so ist $\frac{b}{8} = 7{\cdot}115$; wird $\frac{b}{8}$ als R_1 angenommen, so ist a_1 die Hypothenuse des zweiten harmonischen Dreieckes 6·364. Die Abweichungen sind dann etwas geringer.

Die Neigungswinkel der Planetenbahnen zu der Erdbahn sind harmonisch. Sie stehen in den Verhältnissen $R : \frac{a}{2} : \frac{b}{2} : \frac{R}{4} : r : \frac{a}{8}$ oder $\sqrt{5} : 1 : \frac{\sqrt{2}}{2} : \sqrt{2} - 1 : \frac{1}{4}$ zueinander.

9. Umlaufszeit und Entfernung der Planeten.

Die Beziehungen zwischen Umlaufszeiten und Entfernungen stellte Kepler durch sein drittes Gesetz, die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Würfel ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne, fest. Es ist zwar nur eine Annäherung an die Wahrheit, allerdings eine sehr gute. Der Quotient aus dem Quadrate der Umlaufszeit und dem Würfel der mittleren Entfernung sowie die Abweichung von dem der Erde sind folgende:

	$\frac{\text{Umlaufszeit}^2}{\text{Entfernung}^3}$	Abweichung		$\frac{\text{Umlaufszeit}^2}{\text{Entfernung}^3}$	Abweichung
Merkur	133 414	13	Jupiter	133 162	239
Venus	133 407	6	Saturn	133 070	331
Erde	133 401	0	Uranus	132 000	1401
Mars	133 389	12	Neptun	130 600	2801

Auf einfacherem Wege wird die Beziehung zwischen Umlaufszeit und Entfernung durch die harmonischen Grundfiguren gefunden. Die Entfernung der Erde von der Sonne und das Erdenjahr werden als Einheit angenommen.

Planet	Umlaufszeit in Jahren	Entfernung in Erdbahnhalbmessern	Verhältnis nach dem jeweiligen harm. Dreieck	Abweichung	Verhältnis, wenn das jeweilige $a = 1$ ist
Neptun	164·76	30·057	$R : r = 164{\cdot}76 : 30{\cdot}52$	0·463	$\sqrt{5} : \sqrt{2} - 1$
Uranus	84·02	19·183	$R : \frac{a}{4} = 84{\cdot}02 : 18{\cdot}80$	0·383	$\sqrt{5} : \frac{1}{2}$
Saturn	29·39	9·539	$R : \frac{b}{2} = 29{\cdot}39 : 9{\cdot}29$	0·249	$\sqrt{5} : \frac{\sqrt{2}}{2}$
Jupiter	11·864	5·203	$R : \frac{a}{2} = 11{\cdot}864 : 5{\cdot}304$	1·101	$\sqrt{5} : 1$
Mars	1·881	1·52	$R : b + r = 1{\cdot}881 : 1{\cdot}537$	0·017	$\sqrt{5} : 2\sqrt{2} - 1$
Erde	1	1·00	$1 : 1$	0·0	$1 : 1$
Venus	0·6152	0·723	$a : R = 0{\cdot}647 : 0{\cdot}723$	0·032	$1 : \frac{\sqrt{5}}{2}$
Merkur	0·2408	0·38757	$b : R = 0{\cdot}2408 : 0{\cdot}38079$	0·00678	$\sqrt{2} : \sqrt{5}$

Die Umlaufszeit und mittlere Entfernung eines Planeten sind harmonisch. Sie stehen in den Verhältnissen $R:r$, $R:\frac{a}{4}:R:\frac{b}{2}$, $R:\frac{a}{2}$, $R:a$ usw.

Daß auch der zwischen Jupiter und Mars kreisende Schwarm der Planetoiden demselben Gesetz unterliegt, zeigt folgende Tabelle. Gerade dort sind die Anhäufungen, wo die Umlaufszeit und Entfernung in richtigem Verhältnis zueinander stehen.[1])

Anzahl der Planetoiden	Umlaufszeit in Jahren	Entfernung von der Sonne in Erdbahnhalbmessern	Verhältnis nach dem jeweiligen harm. Dreieck	Verhältnis, wenn das jeweilige $a = 1$ ist
124	3·20—3·90	2·172—2·478	$3{\cdot}55 : 2{\cdot}245 = R : b$	$\sqrt{5} : \sqrt{2}$
1	3·90—4·00	2·478—2·520		
228	4·00—4·70	2·520—2·806	$4{\cdot}35 : 2{\cdot}751 = R : b$	$\sqrt{5} : \sqrt{2}$
8	4·70—4·80	2·806—2·846		
208	4·80—5·80	2·846—3·228	$5{\cdot}3 : 2{\cdot}929 = R : d$	$\sqrt{5} : \sqrt{5}-1$
0	5·80—6·00	3·228—3·302		
20	6·00—6·60	3·302—3·518	$6{\cdot}3 : 3{\cdot}4825 = R : d$	$\sqrt{5} : \sqrt{5}-1$
0	6·60—6·80	3·518—3·589		
1	6·80—7·00	3·589—3·659		
—	7·00—7·70	3·659—3·900		
5	7·70—7·901	3·900—3·967	$7{\cdot}8 : 3{\cdot}9 = 1 : 2$	$1 : 2$[2])

10. Umlaufszeit und Entfernung der Trabanten.

Sowie das 3. Keplersche Gesetz auch für die Trabanten gilt, so stellen auch die harmonischen Grundfiguren die Verhältnisse zwischen Umlaufszeiten und Entfernungen der Trabanten fest.

Der Trabant der Erde, der Mond, hat eine Umlaufszeit von 27·322 Tagen und eine mittlere Entfernung von 60·27 Halbmessern der Erde.

$27{\cdot}322 : 61{\cdot}091 = \frac{a}{2} : R$ oder $1 : \sqrt{5}$, Abweichung 0·82.

Umlaufszeit und Entfernung sind harmonisch.

---

[1]) Es sei hier auch erwähnt, daß auch die Umlaufszeiten der Planetoidenanhäufungen zu der Umlaufszeit des Jupiters harmonisch sind, so daß zwischen Jupiter, Sonne und Planetoiden vollste Harmonie herrscht.

[2]) Bei den Jupiter nahen Planetoiden ist der Einfluß des Jupiters in der Anordnung äußerst groß.

Die Trabanten des Mars:

	Umlaufszeit in Tagen	Entfernung in Halbmessern des Planeten			
Phobos	0·319	2·70	0·302 :	2·7 $= \frac{a}{8} : R$	oder $\frac{1}{4} : \sqrt{5}$
Deimos	1·262	6·74	1·250 :	6·75 $= r : R$	» $\sqrt{2} - 1 : \sqrt{5}$

Die Trabanten des Uranus:

Ariel	2·520	7·04	2·61 :	7·04 $= 2r : R$	oder $\sqrt{2} - 1 : \frac{\sqrt{5}}{2}$
Umbriel	4·144	9·91	4·144 :	9·27 $= \frac{a}{2} : R$	» $1 : \sqrt{5}$
Titania	8·706	16·11	8·88 :	16 $= d : R$	» $\sqrt{5} - 1 : \sqrt{5}$
Oberon	13·463	21·54	13·59 :	21·5 $= b : R$	» $\sqrt{2} : \sqrt{5}$

Die Trabanten des Jupiter:

V	0·498	2·55	0·472 :	2·55 $= r : R$	oder $\sqrt{2} - 1 : \sqrt{5}$
I Io	1·769	5·93	1·861 :	59 $= \frac{b}{2} : R$	» $\frac{\sqrt{2}}{2} : \sqrt{5}$
II Europa .	3·551	9·44	3·5 :	9·45 $= 2r : R$	» $\sqrt{2} - 1 : \frac{\sqrt{5}}{2}$
III Ganymed	7·155	15·06	7·15 :	15·9 $= \frac{a}{2} : R$	» $1 : \sqrt{5}$
IV Callisto .	16·689	26·49	16·689 :	26·38 $= b : R$	» $\sqrt{2} : \sqrt{5}$
VI	251	158	251 :	158·7 $= R : b$	» $\sqrt{5} : \sqrt{2}$
VII	265	165	265 :	167·6 $= R : b$	» $\sqrt{5} : \sqrt{2}$
VIII	790	352	790 :	353·3 $= R : \frac{a}{2}$	» $\sqrt{5} : 1$

Die Trabanten des Saturn:

I	0·942	3·07	0·96 :	3·07 $= \frac{b}{2} : R$	oder $\frac{\sqrt{2}}{2} : \sqrt{5}$
II	1·370	3·94	1·39 :	3·94 $= \frac{b}{2} : a$	» $\frac{\sqrt{2}}{4} : 1$
III	1·888	4·87	1·814 :	4·9 $= 2r : R$	» $\sqrt{2} - 1 : \frac{\sqrt{5}}{2}$
IV	2·737	6·25	2·785 :	6·25 $= \frac{a}{2} : R$	» $1 : \sqrt{5}$

V	4·518	8·73	4·588	: 83	$= d : R$	oder	$\sqrt{5}-1 : \sqrt{5}$
VI	15·945	20·22	15·95	: 19·5	$= b+r : R$	»	$2\sqrt{2}-1 : \sqrt{5}$
X	20·85	24·0	21·47	: 24	$= a : R$	»	$1 : \frac{\sqrt{5}}{2}$
VII	21·277	24·49	21·47	: 24	$= a : R$	»	$1 : \frac{\sqrt{5}}{2}$
VIII	79·331	58·91	79·33	: 56·18	$= a : b$	»	$1 : \frac{\sqrt{2}}{2}$
IX	550·44	209·3	550	: 203·6	$= R : 2r$	»	$\frac{\sqrt{5}}{2} : \sqrt{2}-1$

Der Trabant des Neptun hat eine Umlaufszeit von 5·877 Tagen, seine Entfernung ist 14·73 Halbmesser des Planeten: $5{\cdot}56 : 14{\cdot}73 = 2r : R$ oder $\sqrt{2}-1 : \frac{\sqrt{5}}{2}$.

Die Umlaufszeit und Entfernung jedes Trabanten sind harmonisch. Die häufigsten Verhältnisse sind $R : \frac{a}{2}$, $R : b$ und $R : 2r$ oder $\sqrt{5} : 1$, $\sqrt{5} : \sqrt{2}$ und $\frac{\sqrt{5}}{2} : \sqrt{2}-1$.

B. Kometen.

1. Die Bahnen und Entfernungen der Kometen.

Die Kometen gehören zu den seltsamsten Erscheinungen; als kleine Sterne tauchen sie am Himmel auf, ziehen scheinbar ein langes Büschel hellglänzender Strahlen nach sich und verschwinden ebenso schnell, wie sie gekommen sind, auf Nimmerwiedersehen oder erscheinen nach einer Reihe von Jahren wieder. Letztere werden periodische genannt.

Nach der Anschauung Laplaces und Herschels kommen die Kometen aus dem unendlichen Weltenraume und geraten in ihrer unregelmäßigen Bewegung in die Anziehungssphäre der Sonne. Die meisten kehren wieder in den unendlichen Weltenraum zurück.

Sie sind Meteorite für unser Sonnensystem. Einige wenige erfahren durch die Wirkung der Planeten eine kleine Störung, die imstande sein kann, ihre hyperbolische oder parabolische Bahn in eine elliptische umzugestalten. Sie werden gleichsam eingefangen[1]) und gehören dem Sonnensystem dauernd an, wenn nicht durch entgegengesetzt wir-

[1]) Jupiter als der größte hat die meisten eingefangen.

kende Störungen ihre Bahn in die frühere umgewandelt wird. Die Anziehungskraft der Sonne, die in einem Brennpunkte der sehr stark elliptischen Bahnen steht, ordnet sie unter Mitwirkung der Planeten in bestimmten Entfernungen an, die den bei den Planeten und Trabanten gefundenen Verhältnissen analog sind.

Die größte Sonnennähe (Perihel) der periodischen Kometen ist annähernd stets die gleiche, nämlich die Entfernung der Erde von der Sonne. Die größten Entfernungen von der Sonne (Aphel) weisen eine Gesetzmäßigkeit auf, die an die Anordnung der großen Planeten erinnert.[1])

Das Mittel der größten Entfernung

der IV. Kometengruppe ist R,

das der III. » » b,

der II. » » $\frac{b}{4}$,

der I. » » $\frac{b}{2}$ und

die größte Entfernung des Enkeschen Kometen $\frac{R}{8}$.

Eine übersichtliche Darstellung gibt folgende Tabelle:

Gruppe der Kometen	Zahl der Kometen	Beobachtet in mehreren Erscheinungen	Mittel der größten Sonnenentfernung in Erdbahnhalbmessern		Abweichung	Verhältnis, wenn $a = 1$
			gemessen	nach dem harm. Dreieck $a = 30{\cdot}14$		
Enkesche Komet . . .	1	1	4·09	$\frac{R}{8} = 4{\cdot}21$	0·12	$\frac{\sqrt{5}}{8}$
I	33	13	5·5	$\frac{b}{4} = 5{\cdot}32$	0·18	$\frac{\sqrt{2}}{4}$
II	2	1	10·5	$\frac{b}{2} = 10{\cdot}65$	0·15	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
III	2	0	20·3	$b = 21{\cdot}3$	1·0	$\sqrt{2}$
IV	6	2	33·7	$R = 33{\cdot}7$	0·0	$\sqrt{5}$

Die Mittel der größten Sonnenentfernungen der periodischen Kometen sind harmonisch.

[1]) Vgl. S. Oppenheim, Probleme der modernen Astronomie, 1911, S. 52.

2. Umlaufszeit und Entfernung der Kometen.

Gruppe der Kometen	Zahl der Kometen	Grenzen der Umlaufszeit in Jahren	Mittel der größten Sonnenentfernung in Erdbahnhalbmessern	Verhältnis der Umlaufszeit zur Entfernung im Mittel nach dem jeweiligen harm. Dreieck	Verhältnis, wenn das jeweilige $a = 1$
Enkescher Komet	1	3·3	4·09	$3{\cdot}35 : 4{\cdot}1 = b + r : R$	$2\sqrt{2} - 1 : \sqrt{5}$
I	33	5—9	5·5	$6{\cdot}75 : 5{\cdot}519 = R : b + r$	$\sqrt{5} : 2\sqrt{2} - 1$
II	2	13—14	10·5	$13 : 10{\cdot}62 = R : b + r$	$\sqrt{5} : 2\sqrt{2} - 1$
III	2	33—40	20·3	$36{\cdot}5 : 20{\cdot}18 = R : d$	$\sqrt{5} : \sqrt{5} - 1$
IV	6	66—80	33·7	$74 : 33{\cdot}1 = R : a$	$\frac{\sqrt{5}}{2} : 1$
V	2 (?)	120—128	48·5	$125 : 46{\cdot}2 = R : 2r$	$\frac{\sqrt{5}}{2} : \sqrt{2} - 1$

Umlaufszeit und Entfernung der Kometen stehen in denselben harmonischen Verhältnissen wie die der Planeten und Trabanten.

C. Fixsterne.

6. Die Anordnung der Fixsterne.

Die Abbildungen (10) der Anordnung der Fixsterne sind schematische Darstellungen von R. Wallace[1]) nach den Berechnungen des Lord Kelvin und nach den allgemeinen Schlußfolgerungen der Astronomie[2]) entworfen. Sie sollen nur die Hauptumrisse des gestirnten Universums, soweit eine Kenntnis desselben nach dem heutigen Stande der Wissenschaft möglich ist, vorstellen. R. Wallace will

[1]) Des Menschen Stellung im Weltall, S. 277, Vita, Berlin.

[2]) Es ist hier nicht der Platz, auf die verschiedenen Ansichten der Astronomen über die Verteilung der Sterne näher einzugehen. Es sei nur erwähnt, daß Dr. C. Easton, einer der ersten Milchstraßenforscher (nach Plassmann, Himmelskunde), der Ansicht ist, daß vom zentralen Kern des Milchstraßensystems zwei Systeme von Windungen ausgehen. Nach Seeliger bilden die Fixsterne, mögen ihrer 100 und mehr Millionen sein, ein endliches abgeschlossenes System, also einen großen Haufen, der im großen und ganzen die Form einer ziemlich flachen Scheibe hat. Die Ansichten über die Gestalt des gestirnten Universums sind keineswegs geklärt und die nach L. Wallace hier gebrachte Darstellungen werden höchstwahrscheinlich im Laufe der Zeit noch manche Umänderungen erfahren. Sie mögen daher vorläufig als ein Versuch aufgefaßt werden.

nicht behaupten, daß die gesamte systematische Anordnung regelmäßig ist, wie sie hier dargestellt ist, aber er hat sich bemüht, durch hellere und dunklere Schattierung die verhältnismäßige Dichtigkeit der verschiedenen Teile im Raume um uns herum anzudeuten. Das Zentrum ist sehr dicht, an seinem Außenrande befindet sich die Sonne. In ungefähr 300 Lichtjahren [1]) vom Zentrum entfernt tritt eine verhältnismäßig dünne Lage verstreuter Sterne auf. Sie bilden gewissermaßen einen Ringhaufen, der in seiner Gestalt dem wundervollen Ringnebel in der Leier ähnelt (Tafel I, Fig. 3). Einen solchen finden mehrere Astronomen wahrscheinlich. Nach Berechnungen Prof. Newcombs sind sogar direkte Beweise für diese Ringform vorhanden. Zwischen diesem Ringhaufen und dem Zentrum zeigt sich ein nahezu leerer Raum. Einen zweiten Ring in der Entfernung von 1200—1800 Lichtjahren bildet die Milchstraße. In dem ungeheuren Raum,[2]) der zwischen dem Ringhaufen von 300 Lichtjahren und der Milchstraße liegt, scheinen die Sterne außerordentlich dünn verteilt zu sein, ebenso sind auch in dem Raume oberhalb und unterhalb der Ebene der Milchstraße in der Richtung auf die Pole sehr wenig Sterne, wahrscheinlich sind sie hier noch mehr zerstreut als in der Ebene der Milchstraße.

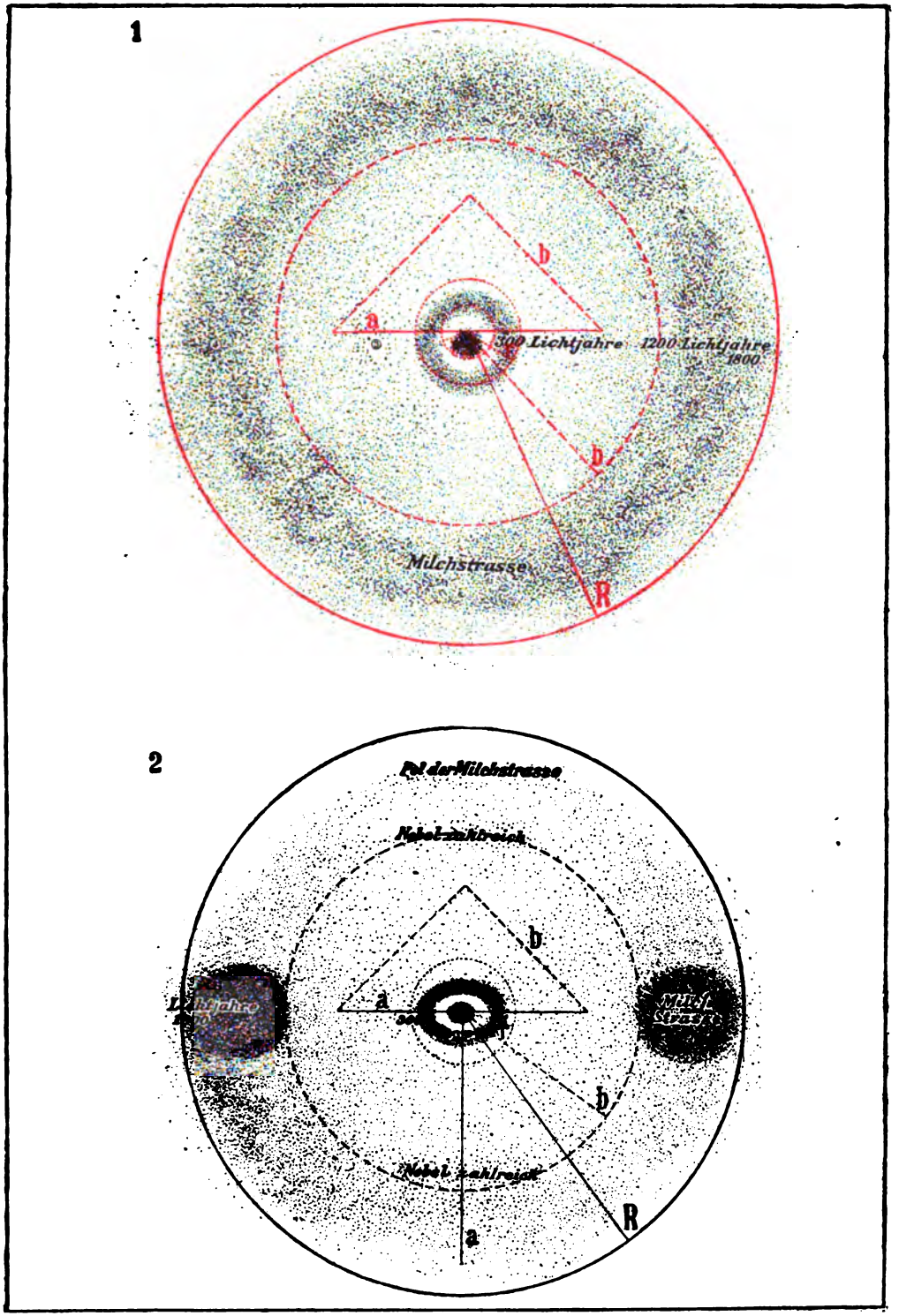
In diesem endlichen Raume von sphäroider Gestalt sind also Körper von sehr verschiedener Größe und in sehr verschiedenem physikalischen Zustande befindlich zerstreut, aber keineswegs regellos in wirrem Chaos oder unregelmäßig verteilt, sondern in bestimmter Anordnung, die allerdings noch nicht sicher bekannt ist. Ob der Aufbau den Spiralnebeln oder dem Ringnebel in der Leier ähnlich ist, wird die weitere Forschung zeigen.

In der schematischen Darstellung von R. Wallace ist die äußerste Entfernung der Milchstraße

vom Mittelpunkte	R,
die kleinste Entfernung	b,
die Entfernung des inneren Ringhaufens	r,
die Entfernung der Pole	a,
die Breite der Milchstraße	$2r$.

[1]) Ein Lichtjahr = 9,500,000,000.000 km.

[2]) Um eine Vorstellung von der Größe des Raumes zu erlangen, sei erwähnt, daß die Sonne nach der Darstellung auf Abbildung 10 ungefähr 30 Lichtjahre vom Zentrum entfernt ist, was einer tatsächlichen Entfernung von 304,000,000,000.000 km oder ungefähr dem Siebzigtausendfachen der Entfernung des Neptuns von der Sonne gleichkommt.



Abbild. 10. Schematische Darstellung der Anordnung der Fixsterne, nach A. R. Wallace. 1. Vollaufsicht. — In der Mitte der mittlere Umriß des Sonnenhaufens; die Bahn der Sonne ist durch den schwarzen Fleck nahe der Mitte gekennzeichnet. — 2. Querschnitt.

	in Lichtjahren	nach dem harm. Dreieck $a = 1610$	Abweichung	Verhältnis, wenn $a = 1$
Äußerste Entfernung der Milchstraße vom Mittelpunkt	1800	$R = 1800$	00	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
Entfernung der Milchstraße vom Mittelpunkt	1200	$b = 1139$	61	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
Breite der Milchstraße	600	$2r = 668$	68	$\sqrt{2}-1$
Entfernung des Ringhaufens vom Mittelpunkt	300	$r = 334$	34	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
Entfernung des Poles vom Mittelpunkt	1600	$a = 1610$	10	1

Die Anordnung der Fixsterne ist harmonisch.

Die Entfernungen vom Mittelpunkt stehen in den Verhältnissen $R:a:b:r$ oder $\frac{\sqrt{5}}{2}:1:\frac{\sqrt{2}}{2}:\frac{\sqrt{2}-1}{2}$.

2. Sternhaufen und Nebelflecke.

Das Fixsternsystem von so ungeheuerer Ausdehnung scheint aber in dem unendlichen Raume nicht vereinzelt zu sein. Es liegt die Vermutung nahe, daß die zahlreichen Nebelflecke und Sternhaufen am Himmel nicht dem Fixsternsystem angehören, sondern analoge Systeme, eigene Welten für sich bilden. Die Gestalt der Nebel ist vielfach spiralförmig oder ringförmig. Seltener sind die sogenannten Hantelnebel, Höhlennebel. J. Herschel verzeichnete auf Grund seiner eigenen und der von seinem Vater gemachten Beobachtungen 5079 Sternhaufen und Nebelflecke. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurde diese Zahl durch photographische Aufnahmen um ungefähr 1000 vergrößert. Die Gesamtzahl dürfte ungefähr eine halbe Million betragen. Von den beobachteten Nebeln sind vielleicht $^9/_{10}$ als auflösbare Sternhaufen anzusehen. Die übrigen, meist unregelmäßig geformten, dürften auf Grund von spektroskopischen Untersuchungen aus Gasen bestehen.

Aus der großen Schar der Nebel werden nur einige als Beispiele angeführt.

Ringnebel in der Leier.

Er ist einer der hellsten, merkwürdigsten und regelmäßigsten Nebelflecke. Fig. 3, Tafel I gibt die Vergrößerung einer vatikanischen Photographie dieses Nebels wieder (siehe Plassman l. c. S. 462). Er hat die Gestalt eines ovalen Ringes. Das Zentrum scheint von großer Dichte zu sein. Die Entfernung des Ringes vom Mittelpunkt ist R

und $\frac{a}{2}$, die Breite d oder $3r$. Der Durchmesser der zentralen Anhäufung ist r. Den harmonischen Aufbau zeigt das Verhältnis $R:\frac{a}{2}:r$ oder $\sqrt{5}:1:\sqrt{2}-1$.

Nebel in der Andromeda (Tafel I, Fig. 4).

Von den in Mitteleuropa mit freiem Auge gut sichtbaren eigentlichen Nebeln ist der in der Andromeda zu nennen. Die schon im Opernglase deutlich erkennbare Gestalt dieses unauflösbaren Nebels wird am besten als verkürzt gesehene Kreisgestalt gedeutet. Gute Photographien lassen einen spiraligen Aufbau vermuten, ähnlich wie der große Nebel in den Jagdhunden. Das Zentrum des Nebels, der dichteste, sternreichste Teil hat einen Durchmesser von r, der etwas weniger dichte Teil einen Durchmesser von b und a. Der äußerste Ring hat einen Durchmesser von $2b$ und $2R$. Die charakteristischen Entfernungen vom Mittelpunkte sind R, b, $\frac{a}{2}$, $\frac{b}{2}$, r.

Der Spiralnebel im Sternbilde der Jagdhunde (Tafel I, Fig. 5).

Plassman (S. 462) sagt, daß bei dem großen Nebel in den Jagdhunden (und im Großen Bären) derselbe oder ähnliche Grundriß zu sehen ist wie beim Andromedanebel von der Seite.

Es scheint ein in Auflösung begriffener Spiralnebel zu sein. Sein Aufbau ist harmonisch. In der Entfernung zwischen b und R ist ein anscheinend losgetrennter Nebelballen. Das Zentrum wird durch eine starke Anhäufung vom Durchmesser r charakterisiert. Die dichten Stellen sind in den harmonischen Entfernungen von $\frac{b}{2}$, a und b zu beobachten.

Orionnebel (Tafel I, Fig. 1 und 2).

Das Rätsel des Orionnebels im Schwertgriff des Sternbildes Orion versuchten die Gelehrten in langen Mühen zu lösen. Die Zeichnung, die der Phantasie breiten Raum läßt, ist der ungeeignetste Weg, um das Geheimnis zu lichten; daher wandte man die Photographie an; Fig. 2, Tafel I stellt die sogenannte vatikanische Photographie (Belichtung $1^h\,30^m$) dar. Diese hat den Vorzug, daß sie unabhängig von der Subjektivität harmonisch nachbildet, was dem menschlichen Auge erreichbar ist. Die photographische Darstellung läßt etwas weiter von der Hauptmasse des Nebels einen zweiten dazugehörigen Nebel erkennen, der im Bilde als Sternchen mit drei spiraligen Nebenästchen erscheint.

Über die Struktur ist zwar nach den Beobachtungen und Zeichnungen mittels des berühmten Spiegelfernrohres des Earl of Rosse zu Parsonstown in Irland eine Menge von Einzelheiten zu sehen, aber

sie sind mit großer Vorsicht aufzunehmen. So ist das rechtwinkelige gleichschenkelige Dreieck (Dach) im Zentrum, das in den Zeichnungen immer wiederkehrt, auf den Photographien nicht zu sehen; es ist nur angedeutet durch eine dunkle Partie, die teilweise durch eine ganz gerade Linie begrenzt ist. In der Nähe des hellsten Gebietes (Fig. 1) ist das sogenannte Trapez, eine Gruppe von vier sichtbaren Sternchen; in den stärksten Instrumenten sind deren zehn zu beobachten. Der Nebel scheint, wie das Spektrum zeigt, gasförmig zu sein. Da auch im Spektrum mehrerer Orionsterne dieselbe Beschaffenheit (Linien) nachgewiesen wurde, so liegt die Vermutung nahe, daß die Nebelmassen des Orion mit den Sternen im Zusammenhange stehen und wahrscheinlich dem von der Milchstraße umgebenen Weltsystem angehören. Der Aufbau des Orionnebels läßt dieselbe harmonische Anordnung wie die der anderen Nebel erkennen, dieselbe, welche das Fixsternsystem, die Planeten und Trabanten beherrscht.

Die Anordnung der Massen im Weltall.

Die Planeten, die Kometen bewegen sich in harmonischen Entfernungen um die Sonne, die Trabanten um ihre Planeten, Jupiter und Mars ordnen die Planetoiden in harmonische Abstände, die Ringe des Saturn stehen in harmonischen Verhältnissen zum Planeten, und wie innerhalb des Sonnensystems gleichsam im kleinen harmonische Ordnung herrscht, so auch im großen, in der Anordnung der Fixsterne, im gestirnten Universum und selbst in den fernen Welten, die durch das Fernrohr nur als Nebel und Sternhaufen erscheinen.

Die Massen im Weltall sind derart zueinander angeordnet, daß ihre Entfernungen in den irrationalen Verhältnissen $\frac{\sqrt{5}}{2}:\frac{\sqrt{2}}{2}:1$ oder von diesen abgeleiteten stehen. Die Massenanordnung ist im «richtigen» Verhältnisse oder harmonisch. Den einfachsten Weg zur Erkenntnis dieser Verhältnisse bieten das harmonische Dreieck und der harmonische Kreis. Sie sind gleichsam der Schlüssel hiezu.

Tafel I. Sternhaufen und Nebelflecke.

Fig. 1. Der große Orionnebel, beobachtet in einem starken Fernrohr.
» 2. Der große Orionnebel. Nach einer vatik. Photographie, Belichtung $1^h 30^m$.
» 3. Der Ringnebel in der Leier. Nach einer vatikanischen Photographie.
» 4. Der große Andromedanebel. Nach einer Photographie.
» 5. Der Spiralnebel M 51 im Sternbilde der Jagdhunde. Aufgenommen von M. Wolf mit dem Waltzreflektor der Heidelberger Sternwarte am 15. April 1909. Belichtungsdauer $1^h 30^m$.

Fig. 1, 2, 3, 5 aus Plassmann, Himmelskunde 1913, S. 464, 467, 462, 458.

1

2

3

4

5

II. TEIL.

DIE HARMONIE IN DER NATUR.

A. Anorganische Natur.

1. Der Aufbau der Erdatmosphäre (Abbildung 11).

Vier Schichten hat die Forschung[1]) in der Atmosphäre gefunden, zu unterst die Troposphäre, daran sich schließend die Stratosphäre, die Wasserstoffsphäre und die Geocoroniumsphäre.

Die Troposphäre reicht unter dem 50.° nördlicher Breite von der Erdoberfläche bis ungefähr 11 km, am Äquator bis 18 km und in der Nähe der Pole bis etwa 7 km. Ihre Höhe über einem bestimmten Orte schwankt je nach den Witterungsverhältnissen, über Hochdruckgebiete reicht sie bis 13 km, über Tiefdruckgebiete nur bis 9 km. Die Temperatur in der Troposphäre nimmt nach oben hin ab. Die Abnahme beträgt 5° für 1000 m, in größeren Höhen erfolgt sie rascher, zwischen 8 und 10 km kommt sie sehr dem Werte 10° für 1000 m nahe. Würde sie sich nach oben ununterbrochen fortsetzen, so wäre leicht die Höhe zu errechnen, wo die Temperatur bis nahe auf den absoluten Nullpunkt gesunken wäre. Durch die Luftschiffahrt und insbesondere durch die Registrierballons, welche die Temperatur bis 18 km, in einzelnen Stichproben bis 29 km erforschten, ist jedoch festgestellt, daß in Breiten um 50° die Temperaturabnahme bei 11 km ihr Ende findet. Darüber hinaus ist keine wesentlich niedrigere Temperatur zu beobachten. Es ist bei 11 km eine thermische Sprungschichte. In der Stratosphäre ist eine Temperatur von — 55° C. Innerhalb der Troposphäre herrschen vertikale Bewegungen, welche die Luftmassen durchmischen. Da nur durch vertikale Bewegungen in der Atmosphäre alle komplizierten Vorgänge ausgelöst werden, die man Witterung nennt, so ist die Troposphäre diejenige Schicht, in der sich alle Witterungsvorgänge abspielen. Die darüber lagernde Stratosphäre ist daran ganz unbeteiligt. Zieht man die Größe des Erd-

[1]) A. Wegener, Untersuchungen über die Natur der obersten Atmosphärenschichten. Physik. Zeitschrift 1911. — A. Schmauss, Der Aufbau unserer Atmosphäre. Naturwissenschaftliche Umschau der Chemiker-Zeitung 1912. I.

durchmessers von 12.740 km in Betracht, so ist die Schicht, in der sich die Witterungsvorgänge abspielen, verschwindend klein.

Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden untersten Sphären liegt darin, daß die Stratosphäre unter normalen Verhältnissen staubfrei ist. Dies wird dadurch bedingt, daß keine Kommunikation der Luftmassen zwischen beiden stattfindet (infolge Fehlens vertikaler Strömungen). Die Staubteilchen können nur bis an die Grenze, 11 km, vordringen. Das hat auch eine Änderung der Zusammensetzung der Luft zur Folge, da eine staubhältige Luft von einer staubfreien physikalisch verschieden ist. Der Abschluß der Troposphäre gegen unten ist die eigentliche Ursache des ersten Sprunges in den Dämmerungserscheinungen, der bei 11 km zu beobachten ist. Die Dämmerung, die bis dorthin allmählich abnimmt, zeigt plötzlich eine Abminderung der Himmelshelligkeit. Die in der Atmosphäre suspendierten kleinen Staubteilchen und die Luftmoleküle selbst geben Anlaß zur Zerstreuung des Sonnenlichtes nach allen Richtungen (diffuse Reflexion). Nach Sonnenuntergang vermitteln sie eine Zeitlang noch reichlich Sonnenlicht, die Dämmerung. Die Staubteilchen und Luftmoleküle leuchten um so länger, je höher sie sich über der Erdoberfläche befinden. Nähme die Dichte der Atmosphäre nach oben kontinuierlich ab, so wäre auch im Dämmerungsvorgange eine ganz stetige Abnahme der Himmelshelligkeit bis zur vollkommenen Nacht zu erwarten. Dies ist aber nicht der Fall. Im Gegenteil, es finden sich Unstetigkeiten in der Abnahme des Himmelslichtes, die sogenannten Dämmerungsbögen, von denen drei bekannt sind: der erste bei 11 km, der zweite bei 75 km und der dritte bei 220 km. Jedesmal, wenn die Sonne für eine solche Schichtgrenze untergeht, zeigt sich in der Dämmerung eine plötzliche Abminderung der Himmelshelligkeit.

Die Luft besteht aus beiläufig 78·5% Stickstoff, 20·6% Sauerstoff und noch einer geringen Menge von Kohlendioxyd. Die volumprozentische Zusammensetzung der Atmosphäre ist in der Troposphäre bis zum Eintritt in die Stratosphäre konstant, was durch die vertikalen Strömungen und fortgesetzten Mischungsvorgänge erklärlich ist. Erst in der Stratosphäre erhalten die Gase die Ruhe, um sich nach Molekulargewichten anzuordnen.

Die Stratosphäre reicht von 11 km bis ungefähr 75 km. Die Temperatur ist ausgeglichen und konstant, ungefähr —55° C. Die Luftschichten der Stratosphäre können unmöglich ihre Wärme von der Erdoberfläche mitbekommen haben, denn wenn Luft von + 40° C von der Erdoberfläche bis 20 km aufstiege, so würde sie mit — 160° C ankommen. Umgekehrt würde ein abgeschlossenes Luftvolumen von

— 55° C aus 20 km zur Erde gebracht, ohne Wärme abzugeben, an der Erdoberfläche eine Temperatur von + 145° C haben.

Die Stratosphäre ist, wie schon erwähnt, staubfrei. Nur bei Vulkanausbrüchen gelangen Staubteilchen in sie. Bei dem berühmten Ausbruch des Krakatau im Jahre 1883 sind die feinsten Auswurfprodukte bis in eine Höhe von 30 km hinaufgeschleudert worden, wo sie, scheinbar von einem kräftigen Ostwinde erfaßt, in 12 1/2 Tagen um die Erde herumgeführt wurden. Dieser Ostwind dürfte nichts anderes darstellen als das Zurückbleiben der Luftmassen gegen die Erdrotation, die von West nach Ost erfolgt.[1])

Bei 11 km tritt der Sauerstoff gegenüber dem leichten Stickstoff zurück und bei ungefähr 60 km ist fast nur Stickstoff vorhanden, so daß man von einer Stickstoffatmosphäre sprechen kann. Von da erfolgt eine rasche Abnahme des Stickstoffes, da als neuer integrierender Bestandteil der Wasserstoff auftritt. Der Übergang vollzieht sich so rasch, daß in ungefähr 70 km eine Wasserstoffatmosphäre an die Stickstoffatmosphäre angrenzt. Auf die Änderung der Zusammensetzung der Atmosphäre bei 70—80 km deuten drei Erscheinungen hin, nämlich der zweite Sprung der Dämmerung bei 75 km, das Ende der gebänderten Polarlichter und eine anormale Schallausbreitung. Das untere Ende der tiefer gelegenen Polarlichter,[2]) der sogenannten «Draperien» liegt bei 75 km.

Die zweite Erscheinung, die anormale Schallausbreitung, wurde bei Geschützdonner und Explosionen beobachtet. Am bekanntesten ist in dieser Hinsicht die Dynamitexplosion am 15. November 1908 beim Baue der Jungfraubahn in der Schweiz. Der Schall wurde außer in der Umgebung erst wieder in ringförmiger Entfernung von 120 km vernommen, «Zone abnormer Hörbarkeit». Zwischen beiden war eine «Zone des Schweigens».[3]) Die Orte jenseits dieser Zone können die

[1]) Gelänge es, mit einem Luftballon in die Stratosphäre zu gelangen, so könnte man rasch Reisen nach Westen unternehmen, indem der Ballon, stehen bleibend, die rascher sich bewegenden Luftmassen unter sich wegziehen läßt und über dem gewünschten Ziele dann die Landung vornimmt.

[2]) Die Polarlichter sind höchstwahrscheinlich auf Elektrizität zurückzuführen.

[3]) Die «Zone des Schweigens» wurde auch bei der am 7. Juni 1912 erfolgten Pulvermagazinsexplosion bei Wiener-Neustadt (Niederösterreich) beobachtet. Sie lag in größerer Entfernung konzentrisch um den Ort der Explosion. (I. N. Dörr, Schriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien.) Die Anzahl der Meldungsorte war nicht in der Nähe des Explosionsherdes am größten, sondern sie nahm nach außen hin allmählich zu, erreichte bei etwa 45 und 225 km ihren größten Wert und nahm dann ab. In größerer Nähe und im äußeren Hörbarkeitsgebiet des Schalles wurde eine Vervielfältigung des bei der Explosion erfolgten Geräusches beobachtet, d. h. es wurden mehrfache Schallwahrnehmungen gemacht.

Schallwellen nur durch Reflexion an einer Sprungschichte der Atmosphäre erhalten haben, von wo der nach oben durchgedrungene Schall wieder zur Erdoberfläche reflektiert wurde. Diese Reflexion findet an der unteren, der Wasserstoffatmosphäre bei 75 km statt, indem bei gegebenen Winkelverhältnissen der Schall an dem akustisch dünneren Wasserstoff gänzlich reflektiert wird.

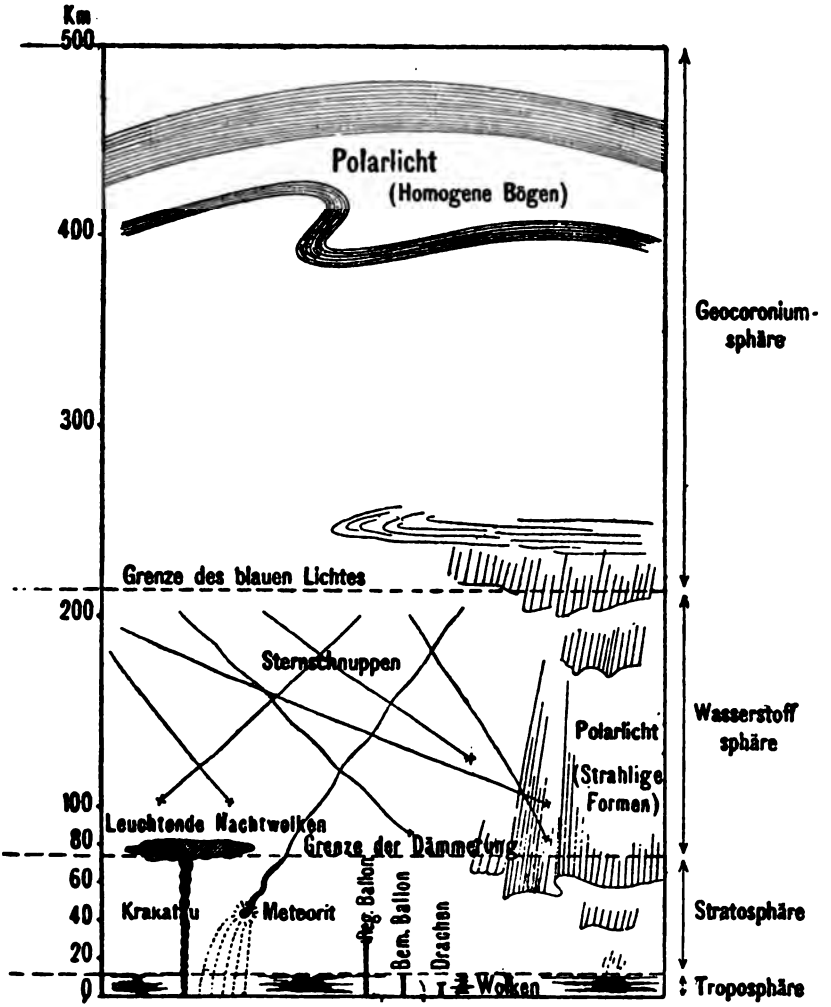
In der Stratosphäre gibt es zeitweise außerordentlich hohe feine Wolken, welche noch lange nach Sonnenuntergang beleuchtet werden («leuchtende Nachtwolken»). Sie sind in einer Höhe von 80 km und stehen wahrscheinlich im Zusammenhange mit Vulkanausbrüchen; ihnen ist das Durchbrechen der Stickstoffatmosphäre noch gelungen, aber ihr Auftrieb hört an der Wasserstoffatmosphäre auf.

Die Wasserstoffatmosphäre reicht von ungefähr 75 bis 220 km. Sie besteht größtenteils aus Wasserstoff, der hinauf zu allmählich abnimmt. Bei etwa 200 km dürfte die Hälfte aus Geocoronium bestehen, das vermutlich in ganz geringen Mengen schon in der Stratosphäre vorkommt. Temperatur ist unbekannt, wahrscheinlich niedriger als in der nächst unteren. In der Wasserstoffatmosphäre werden die Sternschnuppen sichtbar, sie leuchten bei 180 km auf und erlöschen bei 80 km. Bei 220 km nimmt die Himmelshelligkeit ab, es ist die Linie der 3. Dämmerungsbögen. Hier liegt auch die Grenze des blauen Lichtes. Da die Himmelsfarbe durch die Beugung der blauen Lichtwellen an den Luftmolekülen entsteht, so sind letztere größer als die blauen Lichtwellen, aber kleiner als alle langwelligen Lichtstrahlen (rot, gelb, grün). Wenn nun jenseits 220 km kein Licht mehr vorhanden ist, so kann daraus geschlossen werden, daß hier die Gasmoleküle noch kleiner sind als unterhalb 220 km. Es muß also noch ein leichteres Gas als Wasserstoff vorherrschen, nämlich das Geocoronium, wonach die vierte Schichte ihren Namen erhielt.

Die Geocoroniumsphäre reicht von 220 km bis ungefähr 500 km. Hier ist vorwiegend der leichteste Stoff mit dem Atomgewicht 0·4, das Coronium, dessen Vorhandensein auf der Sonne sehr wahrscheinlich ist. Da nun nach Gesetzen der kinetischen Gastheorie ein Diffusionsgleichgewicht der Atmosphären aller Himmelskörper bestehen muß, so dürfte vermutlich auch jenseits 220 km dieses leichteste aller Gase vorhanden sein. Wegener hat es wegen seiner Zugehörigkeit zur Erde Geocoronium genannt. In die vierte Sphäre fällt auch die zweite Art von Polarlichtern, die sogenannten homogenen Bögen, die bis zu etwa 500 km beobachtet wurden.

Folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die charakteristischen Erscheinungen der 4 Sphären sowie die Verhältnisse der Entfernung. Die

Schichtgrenzen stehen in nicht teilbaren (irrationalen) Verhältnissen. Nimmt man die äußerste Schichtgrenze 500 km als R an, so ist die nächste Schichtgrenze 220 km gleich $\frac{a}{2}$ (224), die obere Grenze der



Abbild. 11. Aufbau der Erdatmosphäre, nach Wegener.

Stratosphäre 70—80 km gleich $\frac{b}{4}$ (78·4) und die Grenze der Troposphäre 11 km $\frac{r}{8}$ (11·4). Der Aufbau der Erdatmosphäre ist harmonisch. Die obersten Grenzen der Schichten verhalten sich wie $R : \frac{a}{2} : \frac{b}{4} : \frac{r}{8}$ oder $\sqrt{5} : 1 : \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{\sqrt{2}-1}{4}$.

Bezeichnung der Schichten	Charakteristische Beschaffenheit und Erscheinungen	Oberste Grenzen		Verhältnis, wenn a = 1
		in km	nach dem harm. Dreieck	
Tropo-sphäre	Temperaturabnahme, vertikale Strömungen, Luft staubhältig, Zusammensetzung 20·6% Sauerstoff, 78·5 Stickstoff, Zone der Witterungsvorgänge. Erster Dämmerungsbogen bei 11 km.	11	$\frac{r}{8}=11{\cdot}4$	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$
Strato-sphäre	Temperatur — 55° C, keine Strömungen, Luft staubfrei mit Ausnahme bei vulkanischen Ausbrüchen, vorwiegend Stickstoff, zweiter Dämmerungsbogen bei 80 km. Anormale Schallausbreitung und Reflexion bei 75—80 km, leuchtende Nachtwolken bei 80 km.	75—80	$\frac{b}{4}=78{\cdot}4$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
Wasserstoff-sphäre	Temperatur unbekannt, vorwiegend Wasserstoff, Aufleuchten der Sternschnuppen, dritter Dämmerungsbogen bei 220 km, Grenze des blauen Lichtes bei 220 km.	220	$\frac{a}{2}=224$	1
Geocoro-niumsphäre	Vorwiegend aus Geocoronium bestehend. Homogene Bögen des Polarlichtes.	500	$R=500$	$\sqrt{5}$

2. Rotierende Hagelwolke (Tafel II).

Ein seltsames Naturspiel bieten des öfteren die Wolken. A. Streit hat eine interessante Wolkenbildung nach der Natur gezeichnet und in der Meteorologischen Zeitschrift 1899, S. 76 folgendermaßen beschrieben: «Am 1. Juni 1899 zog über Wien in den Nachmittagsstunden ein Unwetter, das ich wieder einmal in glücklicher Position andauernd beobachten konnte. Ich habe diesmal von dem Phänomen der rotierenden Wolken direkt eine Porträtskizze machen können, die einen Moment von 5^h 10′ wiedergibt.

Am Nachmittage des 1. Juni schoben sich dichte Wolkenmassen über Wien zusammen. Die Dunkelheit, welche sie verursachten, war knapp vor 5^h so stark, daß ich an der Arbeit gehindert war und selbst nicht deutlich den Druck in einem zur Hand genommenen Buche sehen konnte.

Ich ging in mein Atelier und gleich bei meinem Eintritte sagte mir mein Gehilfe, Herr Eigner: ‚Herr Baurat, ich glaube, es bildet

sich eine solche Erscheinung, wie sie in Venedig von Ihnen gesehen wurde.' Ich trete an das Fenster und war geradezu entzückt von dem großartigen Anblicke, welchen die von rechts nach links rotierenden Wolken von meinem Atelierfenster aus darboten. Diesmal war ich in einer andern Stellung zu dem Vorgange, ich sah denselben von unten und er bewegte sich von Westen her direkt über meinen Standort. Natürlich war das Bild auch von einer ganz andern Färbung wie in Venedig und die Form gleichfalls anders.

Die Zustände während der folgenden Zeit änderten sich mit ziemlicher Raschheit und ich will versuchen, dieselben genau zu schildern.

Über meinem Standorte lagerten tiefgraue, dunkle Wolken unbeweglich und ohne wahrnehmbare Formation. In der Richtung nach West, vielmehr West-Süd-West, kreisten gewaltige Wolkenringe, die am Saume fahlrötlich gefärbt waren, um einen fahlen mittleren Raum, in welchen von dem Ostrande Wolkenfetzen mit großer Geschwindigkeit aufstiegen und in demselben verschwanden.

Es war vollkommen windstill. Im ganzen Westen war von den Wolkenringen herab eine gleichmäßige fahle Färbung des Firmamentes sichtbar und einzelne Blitze fuhren zur Erde. Der Donner war ungemein stark und volltönig, wie ich ihn nur sehr selten gehört. Ich sah bereits in dem fahlen Wolkenschleier über dem Horizonte Regen in schweren, schrägen Strömen sich ergießen, während die Wolkenringe in großartigem Schwunge kreisten und näher heranzogen. Ich konnte nun deutlich wahrnehmen, wie die rotierenden Wolken von der vorlagernden Wolkenbank mehr und mehr aufsaugten und zum Aufbau der Turmwolke verwendeten. Auch war diese nicht aus einem Ringe, sondern aus drei konzentrischen Ringen bestehend. Die Blitze, welche zur Erde fuhren, kamen nicht aus dem Innern der Turmwolke, sondern deutlich sichtbar vom äußeren Umfange derselben her.

Endlich war die Erscheinung über meinen Standort gerückt und da konnte ich wahrnehmen, daß die Turmwolke hohl sei, d. h., daß ich hellgefärbtes Firmament über mir hatte. Noch immer war keine merkliche Luftbewegung zu verspüren. Dies war der Zustand um 5^h 20′ Minuten.

Ich ging in einen rückwärtigen Raum, um die Situation in einer entgegengesetzten Richtung zu beobachten. Im Osten lagerten dichte, rötlichgelb gefärbte Haufenwolken am Horizonte, darüber blauer Himmel, zwischen der von Westen vorrückenden Wolkenbank lagerten einzelne hellgefärbte Wolkenstreifen. Ich ging wieder an meinen früheren Standort zurück und beobachtete das Gewitter. Die Blitz-

schläge waren ungemein zahlreich; zwei nahezu gleichzeitig in X-Form zur Erde fahrende habe ich auf der Skizze angegeben.

Um 5^h 25′ setzte ein heftiger Wind ein und um 5^h 27′ ging ein überaus heftiger Guß hernieder, der es selbst unmöglich machte, durch die Glastafeln auf einige Meter etwas zu sehen. Ich sagte nun meinem Gehilfen: ‚Geben Sie acht, jetzt wird es bald hageln.' Und richtig setzte um 5^h 32′ der Hagelfall ein. Derselbe war jedoch nicht sehr bedeutend, die Körner etwas über Erbsengröße. Hierauf folgte schwächerer Regen, der mit geringen Intervallen durch mehrere Stunden anhielt.

Ich erwähnte, daß die Blitzschläge von außerhalb des Wolkenringes zur Erde fuhren, und da die Tageszeitungen über einige derselben, welche Schaden anrichteten, genaue Ortsangaben machten, so ergibt sich hieraus annähernd der Durchmesser des Wolkenwirbels, wenn er als Kreis in dieselben eingeschrieben wird.

Aus den konstatierten Blitzschlägen ergibt sich derart ein Durchmesser von 5 km für den Wirbelring.»

Die Entfernungen und Breiten der drei Wolkenringe waren in gewissen Verhältnissen zueinander. Der Außenrand des äußersten Wolkenringes war vom Mittelpunkt in der Entfernung R, sein Innenrand in der Entfernung b, seine Breite $2r$, der mittlere Wolkenring war in der Entfernung $\frac{a}{2}$ und der innerste in der Entfernung $2r$.

Die Wolkenringe waren in harmonischen Entfernungen angeordnet, der Aufbau der rotierenden Hagelwolke ein harmonischer. Die Verhältnisse waren $R : b : \frac{a}{2} : 2r$ oder $\sqrt{5} : \sqrt{2} : : 1 : 2\ (\sqrt{2} - 1)$.

3. Hagelkörner (Tafel III).

Unter Hagel versteht man nach J. Hann[1]) Eiskörper von der Größe von Erbsen bis zu jener von Orangen und darüber, die aus den Wolken herabfallen. Ihre Form ist außerordentlich mannigfaltig. Die gewöhnlichste ist aber die kugel- oder eiförmige, weshalb man kurz von Hagelkörnern spricht. Sehr häufig kommen kegelförmige Eiskörper vor, deren Basis abgerundet, konvex ist, Kugelpyramiden ähnlich, als wenn der Hagel durch das Zersprengen einer Eiskugel ent-

[1]) Lehrbuch der Meteorologie S. 522.

Tafel II.

Rotierende Hagelwolke vom 1. Juni 1899 oberhalb Wien, nach A. Stein, in «Meteorologische Zeitschrift» 1899, S. 76.

UNIV.
OF
MICH.

standen wäre. Seltener fallen linsen- und plattenförmige Eisgebilde oder ganz unregelmäßig geformte Eisstücke.

Die Struktur der Hagelkörner ist in den meisten Fällen folgende:[1]) Bei einem vollständig entwickelten Hagelstein hat man es mit drei ganz verschiedenen Eisarten zu tun: dem schneeigen Kern, der an ein Graupelkorn erinnert, den konzentrischen Eishüllen und endlich den peripherischen klaren, kristallinischen Eisansätzen, zu deren Bildung es in sehr vielen Fällen allerdings gar nicht kommt. Die Struktur enthält die wertvollsten Hinweise auf die Entstehung, welche nach Trabert folgende zu sein scheint: Der Sitz der Bildung des Graupelkornes ist dort zu suchen, wo gleichzeitig Schneekristalle und unterkühlte Wassertröpfchen vorkommen, denn die Untersuchung ergab, daß das Graupelkorn aus Schneekristallen besteht, die durch unterkühlte Wassertröpfchen zusammengeschweißt sind. Das Graupelkorn wird zum Hagelkorn, wenn die unterkühlten Tröpfchen sich auf demselben in Form von Eishüllen ablagern. Was im Hagelkorn von innen nach außen aufeinander folgt, das folgt in den Wolken von oben nach unten. In der obersten, für die Hagelbildung in Betracht kommenden Wolkenregion sind gleichzeitig Schneekristalle und unterkühlte Tröpfchen, in der mittleren Region sind unterkühlte Tröpfchen allein, in der untersten Region aber die gewöhnlichen Nebeltröpfchen mit einer Temperatur von mehr oder weniger über Null. Die oberste Wolkenschicht liefert den Kern, die zweite die konzentrischen Eishüllen, die dritte Schicht endlich das Material zu jenen mehr oder weniger kristallinischen, erst auf dem Hagelkorn allmählich erstarrten Bildungen. Zur Annahme, daß bei Entstehung der Hagelkörner Elektrizität eine große Rolle spiele, führte die im Laboratorium beobachtete Tatsache, daß Wassertröpfchen durch Änderung der elektrischen Ladung zum raschen Zusammenfließen gebracht werden. Derartige Änderungen finden sicherlich öfter in den Gewitterwolken statt, aus denen Hagel fällt. Bei den meist außerordentlich häufigen elektrischen Entladungen in der Hagelwolke dürfte ein solches plötzliches Zusammenfließen der überkälteten Tröpfchen öfter hintereinander eintreten und jeder Entladung entspricht dann eine Eisschicht auf dem Hagelkorn. Ein Teil des überkälteten Wassers wird dabei sogleich zu Eis, ein Teil bleibt flüssig und kann erst nachher erstarren. Das würde mit dem Wechsel durchsichtiger und weißer Schichten in den Eishüllen des Hagelkornes übereinstimmen. Ein solcher Vorgang ist sehr wahrscheinlich, dürfte aber allein nicht

[1]) Vgl. W. Trabert, Die Bildung des Hagels. Meteorologische Zeitschrift 1899, S. 437.

ausreichen, die Größe des Hagelkornes zu erklären. Jedenfalls kommen dazu die heftigen inneren Bewegungen in einer Hagelwolke, aufsteigende Wirbel mit vertikaler Achse, in welchen die Hagelkörner schwebend erhalten und bisweilen zu großen Höhen hinaufgetragen werden. Dabei wachsen sie zu überraschenden Dimensionen an. Man kommt daher zu dem Schluß, den Abich[1]) ausgesprochen hat, daß die große Mannigfaltigkeit, welche die Hagelkörner sowohl in ihrer äußeren Form, wie in ihren Strukturverhältnissen erkennen lassen, nur der plastisch gewordene Ausdruck der Verschiedenheit sein kann, womit die für die lokalen Bildungsakte notwendigen Bedingungen je nach der Reihenfolge, Dauer und Intensität ihres Zusammentretens wirksam gewesen sind.

Und doch ist in dieser großen Mannigfaltigkeit der Formen eine Gesetzmäßigkeit in ihrem Aufbau, die an der Hand von Abbildungen (Tafel III) ersichtlich wird.

Fig. 1 a ist die Aufsicht eines radförmigen Hagelkornes, gefallen zu Brückl in Kärnten am 2. Juli 1897, das aus einer sehr flachen Scheibe und aus einem die Scheibe begrenzenden wulstigen Ringe besteht. Fig. 1 b ist der Querschnitt. Der Durchmesser schwankte zwischen 7 und 13 cm. Die Scheibe selbst war durchsichtig, aber von Eisnadeln durchsetzt, nur ihr 1 cm großer Kern war weiß und opak, der trübe weiße Ringwulst an ihrem Rande war von wechselnder Dicke. Fig. 2 a stellt die Seitenansicht,[2]) Fig. 2 b den Längsschnitt durch einen pfirsichähnlichen, stark gefurchten Eisstein dar, ebenfalls aus den Hagelschlägen in Brückl (Kärnten) stammend, von Prohaska[1])

[1]) Nach Trabert.

[2]) Meteorologische Zeitschrift 1898, S. 29.

Tafel III. Hagelkörner.

Fig. 1. Scheibenförmiges Hagelkorn, gefallen zu Brückl in Kärnten am 2. Juli 1897.
a) von oben gesehen,
b) im Querschnitt, $^1/_3$—$^2/_3$ natürl. Größe,
nach einer Zeichnung von K. Prohaska in «Meteorologische Zeitschrift» 1898, S. 29.

» 2. Pfirsichähnliches Hagelkorn.
a) Seitenansicht,
b) Längsschnitt. Fundort wie Fig. 1.

» 3, 4, 5. Hagelkörner, gefallen am 26. April 1904 zu Ó-Gyalla, Ungarn, etwas verkleinert, nach A. Réthly. Aus Hann, Meteorologie.

» 6. Hagelkörner, gefallen in Richmond (England) am 8. Juli 1893, etwas verkleinert, nach einer Photographie von H. J. Metcalfe, High Row, Richmond, York. Aus Hann, Meteorologie.

1a
b
3
4
2a
b
5
6

UNIV. OF MICH.

in $^1/_2$ bis $^2/_3$ der natürlichen Größe gezeichnet. Der Durchmesser betrug 5 — 9 cm. Der Kern war kugelförmig und von der äußeren Hülle fast ganz umschlossen. Diese stellte eine sehr lockere, von vielen Furchen durchzogene Masse dar. In beiden Figuren (1 und 2) ist der Durchmesser 2 *R;* die innerste Eiskugel, das Graupelkorn, hat den Durchmesser 2 *r*, die zweite Schicht, dunkel schraffiert, im Original bläulich reicht bis zum Kreis mit dem Durchmesser $\frac{a}{2}$. Denselben harmonischen Aufbau begegnet man in den Hagelkörnern aus Ungarn[1]) (Fig. 3—5) und England[2]) (Fig. 6). Fig. 4 stammt vermutlich aus einem zertrümmerten Hagelkorn. Der Kern ist gut angedeutet und reicht bis zum Kreise $\frac{a}{2}$. Das Hagelkorn ist *R* lang.

Die flachgedrückten scheibenartigen Formen der Hagelsteine oder jene mit wulstigen Eisansätzen längs einer Äquatorebene mögen einer Rotationsbewegung der Hagelsteine ihre Entstehung verdanken, welche dieselben infolge von Zusammenstößen oder auch in den erzeugenden Luftwirbeln annehmen können. Unerklärlich bleiben aber vorderhand die fast regelmäßig ausgebildeten großen Eiskristalle, die den Hagelsteinen bisweilen aufsitzen, oder einzelne regelmäßig ausgebildete Kristalle, da deren Bildung mit der raschen und stürmischen Art der Eisbildung in den Hagelwolken unvereinbar scheint. Wenn so regelmäßig nach gewissen Gesetzen gebaute Kristalle frei oder an einem Graupelkorn befestigt, herunterfallen, so ist wohl nicht zu staunen, daß die kugelförmigen, eiförmigen, pfirsichähnlichen oder scheibenförmigen Hagelkörner in ihrem Bau eine gewisse Gesetzmäßigkeit aufweisen. Der harmonische Bau der Hagelkörner, die bei Blitz und Donner unter den heftigsten Erschütterungen und Luftbewegungen entstehen, ist ein Beweis für die harmonische Ordnung, die im kleinen und großen des Weltgeschehens herrscht.

4. Emulsionsfiguren.[3])

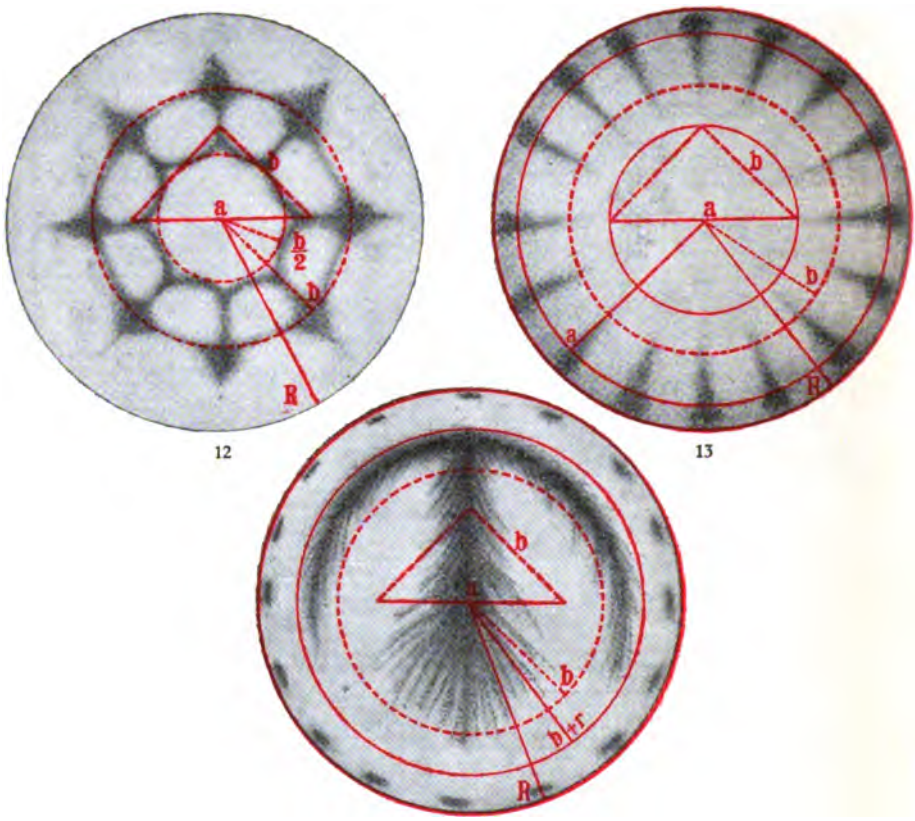
Gibt man zu einer Mischung von Wasser mit Alkohol Öl, am besten gefärbtes Öl und schüttelt dieses Gemenge in einer Flasche einige Male kräftig, so erhält man eine Emulsion. Die Öltropfen wer-

[1]) Gefallen am 26. April 1904 zu Ó-Gyalla, mitgeteilt von Anton Réthly am königlichen Observatorium (nach J. Hann, Meteorologie).

[2]) Gefallen in Richmond (England) am 8. Juli 1893; nach einer Photographie von H. J. Metcalfe, High Rew, Richmond, York (nach J. Hann, Meteorologie).

[3]) Nach Sachs, Flora 1876. Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie I, S. 145.

den in tausende feiner und feinster Tröpfchen zertrümmert, welche in der Flüssigkeit schweben. Will man derartige Emulsionen zur Bildung von Figuren veranlassen, so gießt man die Emulsion in flache Porzellanteller, so daß sie eine etwa 5—8 mm dicke Schicht bildet. Die Figurenbildung beginnt unter den Augen des Beobachters un-



Abbild. 12, 13, 14. Emulsionsfiguren aus Öltröpfchen in Alkoholwassergemisch nach Sachs, Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie I., S. 145.

mittelbar nach dem Ausgießen der Emulsion und vollzieht sich im Laufe von einigen Minuten bis zu einer halben Stunde. Die Figuren, bestehend aus Öltropfen, welche sich in lebhafter Bewegung befinden, erhalten sich oft stundenlang unverändert. Schließlich gehen sie zugrunde, indem die Öltröpfchen zu größeren Massen zusammenfließen. Die Ölfiguren bestehen nicht allein aus oberflächlich oder am Grunde liegenden Tropfen, sondern es sind Wolken, welche die ganze Dicke

der Flüssigkeitsschicht oder wenigstens einen großen Teil der Dicke umfassen. Die heller schattierten verwischten Stellen sind diejenigen Orte, wo die Öltropfen sehr klein und wenig dicht gelagert sind, die dunkler punktierten Stellen bestehen aus größeren und dichter gruppierten Tropfen. Dieselben Figuren enstehen auch, wenn die Teller mit Glasscheiben oder Glasglocken bedeckt sind.

Die Gestalt der Emulsionsfiguren ist eine sehr mannigfache. Abbildung 12, 13 stellen sehr häufig auftretende Formen dar. Solche konzentrische Figuren bilden sich aber nur, wenn die Teller in der Mitte des Zimmers stehen. Werden die Teller in der Nähe eines Fensters oder eines geheizten Ofens aufgestellt, so daß der eine Tellerrand wärmer als der andere ist, so entstehen Figuren, welche nicht konzentrisch, sondern polarisiert sind wie Abbildung 14.

Die Entstehung der Emulsionsfiguren ist auf Flüssigkeitsströmungen zurückzuführen, die ihrerseits durch die Temperaturverhältnisse bedingt sind.

Auch die grünen beweglichen Schwärmer mancher Algen bilden dieselben oder ähnliche Figuren, wenn sie in einen Teller mit Wasser gegossen werden und dieser mit einer Glasplatte bedeckt wird. Wenn der Teller in die Mitte eines großen Zimmers gestellt wird, so ordnen sich die Algen in Form konzentrischer Wolken oder anderweitiger regelmäßiger Figuren im Wasser. Nach Entfernung der Glasplatte lösen sich die Figuren rasch wieder auf. In einem vor ein Fenster gestellten Teller sammeln sich die Schwärmer an diesem oder jenem Tellerrand, ähnlich wie bei den Emulsionsfiguren das Öl.

Die häufig auftretende Emulsionsfigur (Abbildung 12) hat eine ganz charakteristische Anordnung der Öltröpfchen. Der Rand des kreisrunden Tellers, bis wohin die Flüssigkeit reicht, als harmonischer Kreis angenommen, gibt die Lage der Ansammlungen in den Kreisen mit den Halbmessern b und $\frac{b}{2}$.

Die zweite konzentrische Emulsionsfigur (Abbildung 13) weist die Hauptansammlung der Öltropfen im Kreise mit dem Halbmesser a auf und reicht bis zum Kreise b, in ganz schwachen Andeutungen bis zum Kreise $\frac{a}{2}$.

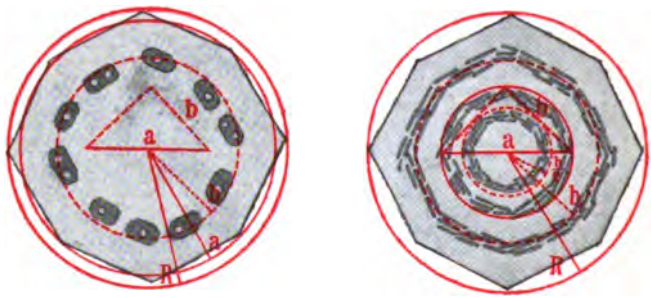
Eine große Mannigfaltigkeit zeigt sich in den polarisierten Figuren, von denen eine in Abbildung 14 dargestellt ist. Die Hauptansammlung liegt zwischen den Kreisen b und $b + r$; auf ihr ist in der Mitte ein wedelartiges Gebilde von der Länge $2\,b$ und Breite a aufgesetzt.

Daher: Die kleinen Öltröpfchen in den Emulsionsfiguren folgen derselben harmonischen Ordnung wie die Massen im Weltall.

5. Einschlüsse in Kristallen[1]) (Abbildung 15 und 16).

Die Kristalle umhüllen oder umwachsen die im Wege liegenden starren Körper oder Gase und Dämpfe, welche in der Mutterlauge enthalten sind. Die Einschlüsse sind gleichsam Gäste, welche der Kristall als Wirt beherbergt. Zwar häufig ganz regellos im Wirte verteilt, sind sie auch in sehr vielen Fällen aber an gewissen Stellen besonders angehäuft, während sie an anderen Stellen spärlich erscheinen oder ganz fehlen. Sie liegen entweder in der Mitte des Kristalls versammelt und fehlen im äußeren Teile oder umgekehrt.

Vielfach finden sie sich innerhalb einzelner konzentrischer Zonen eingelagert. Die Einschlüsse sind entweder so groß, daß sie mit freiem Auge sichtbar sind, wie beim Bergkristall, Kalkspat, Flußspat u. a. oder so klein, daß sie nur mit dem Glase wahrgenommen werden. Das Auftreten von Einschlüssen, welche nur mit Vergrößerung zu beobachten sind, ist viel häufiger, als man früher ahnte. Einschlüsse sind in fast allen Kristallen wahrnehmbar und verursachen vielfach besondere Färbun-



15 16

Abbild. 15, 16. Durchschnitte durch Leucitkristalle mit Einschlüssen nach G. Tschermak, Lehrbuch der Mineralogie, 6. Aufl., S. 130.

gen oder hervorstechende optische Eigentümlichkeiten. Entweder sind sie unregelmäßig im ganzen Kristall oder regelmäßig verteilt. Ein Beispiel regelmäßiger Anordnung bietet der Leucit, der sich in schwebend gebildeten Kristallen als wesentlicher Gemengteil der Vesuvlaven findet. Diese Leucite sind grau, weißgelblich und zeigen im Innern oft regelmäßig orientierte Einschlüsse. Abbildung 15 ist ein

[1]) Vgl. G. Tschermak, Lehrbuch der Mineralogie und F. Naumann, Elemente der Mineralogie.

Querschnitt durch einen solchen Leucitkristall, der in seiner farblosen Masse braune Glaseinschlüsse mit Libelle beherbergt. Sie sind Ausfüllungen negativer Kristalle und dabei schichtförmig verteilt, so daß sie im Durchschnitte kranzförmig angeordnet erscheinen. Sie liegen in einem Kreise mit dem Halbmesser b, wenn der Kristallquerschnitt vom harmonischen Kreise eingeschlossen wird.

Der Durchschnitt des Leucitkristalles (Abbildung 16) zeigt schichtartige Einlagerung von Kristallen (Augit-Magneteisenstein), die in die Kreise mit den Halbmessern b, $\frac{a}{2}$ und $\frac{b}{2}$ eingeordnet sind.

Das Gesetz des Alls auch hier: Die Anordnung dieser regelmäßig verteilten Einschlüsse ist harmonisch.

B. Organische Natur.

Die organische Natur zerfällt in zwei Reiche, das Pflanzen- und Tierreich, deren Grenzen jedoch nicht scharf gezogen sind. Die fast unübersehbare Mannigfaltigkeit und Fülle der Formen der organischen Natur erfordert eine besondere Beschränkung und Auslese bei der Darstellung. Es können daher nur «Beispiele» gebracht werden, die nach Belieben vermehrt werden könnten und immer dasselbe zeigen würden: den Aufbau der Formen nach den «richtigen» Verhältnissen, nach derselben Harmonie, die im Weltall und in der anorganischen Natur gefunden wurde. Die Beispiele wurden so gewählt, daß womöglich jede Pflanzen- und Tiergruppe berücksichtigt wurde. Die Darstellung folgt der Systematik. Die harmonischen Verhältnisse werden in der Regel am einfachsten so gefunden, indem um das betreffende Individuum der harmonische Kreis gezogen und das dazugehörige harmonische Dreieck konstruiert wird, oder indem die wichtigsten Maße, wie Höhe, Breite des Ganzen und der Teile, abgemessen und mittels der Tabelle (siehe Anhang) die richtigen Verhältnisse aufgesucht werden.

Das Pflanzenreich.

Es zerfällt je nach der Art der Fortpflanzung in zwei Hauptgruppen, Sporenpflanzen (Kryptogamen) und Samenpflanzen (Phanerogamen).

I. Sporenpflanzen.

Die Sporenpflanzen sind teils einzellig, teils vielzellig und in Wurzel, Stengel und Blätter gegliedert. Sie werden eingeteilt in

Algen, Pilze, Moose und Farne. Besprochen werden hier nur Algen und Pilze.

1. Die Algen (Tafel IV).

Die Algen leben im Wasser, sowohl im Süßwasser als auch im Meere, seltener auf feuchter Erde. Ihre Farbe ist grün, blau, braun, gelb oder rot.

Tafel IV:

Fig. 1, 2. *Gloecocapsa alpina*, eine Blaualge, lebt auf feuchten Felsen. Fig. 1 ist ein zweizelliges Stadium, Fig. 2 ein achtzelliges. Die

---

Tafel IV: Algen.

Fig. 1. u. 2. *Gloeocapsa alpina*, eine Blaualge, stark vergrößert; aus L. Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 3. Aufl., S. 349.

Fig. 3. *Chlamydomonas angulosa*, eine Grünalge, stark vergrößert; aus dem Lehrbuch der Botanik von E. Straßburger, 8. Aufl., S. 287.

» 4. Schwärmende Zelle von *Haematococcus pluvialis*, einer Grünalge, 800 fach vergrößert; aus dem Lehrbuche der Botanik von E. Straßburger, 8. Aufl., S. 289.

» 5. Schwärmspore von *Vaucheria sessilis*, aus dem Lehrbuche der Botanik von E. Straßburger, 8. Aufl., S. 304.

» 6. *Pediastrum granulatum*, eine Grünalge, vergrößert; aus R. v. Wettsteins Handbuch der systematischen Botanik I., S. 95.

» 7. Spore von *Spirotaenia condensata*, Grünalge, vergrößert; aus dem Lehrbuch der Botanik von E. Straßburger, 8. Aufl., S. 289.

» 8. *Spirotænia condensata*, eine Grünalge, vergrößert; aus E. Haeckels Kunstformen der Natur, Taf. 24.

» 9. Spore von *Chara fragilis*, einer Grünalge, vergrößert; aus R. v. Wettsteins Handbuch der systematischen Botanik I., S. 104.

» 10. *Ceratium tripos*, eine Peridinee, vergrößert; aus A. F. W. Schimper, Pflanzengeographie, S. 841.

» 11. *Ceratium hirundinella*, eine Peridinee, vergrößert; nach E. Zederbauer, *Ceratium hirundinella* in den österr. Alpenseen, Österr. bot. Zeitschrift 1904.

» 12. *Staurastrum furcatum*, eine Grünalge, vergrößert; aus E. Haeckels Kunstformen der Natur, Taf. 24.

» 13. *Euastrum pecten*, eine Grünalge, vergrößert; aus E. Haeckels Kunstformen der Natur, Taf. 24.

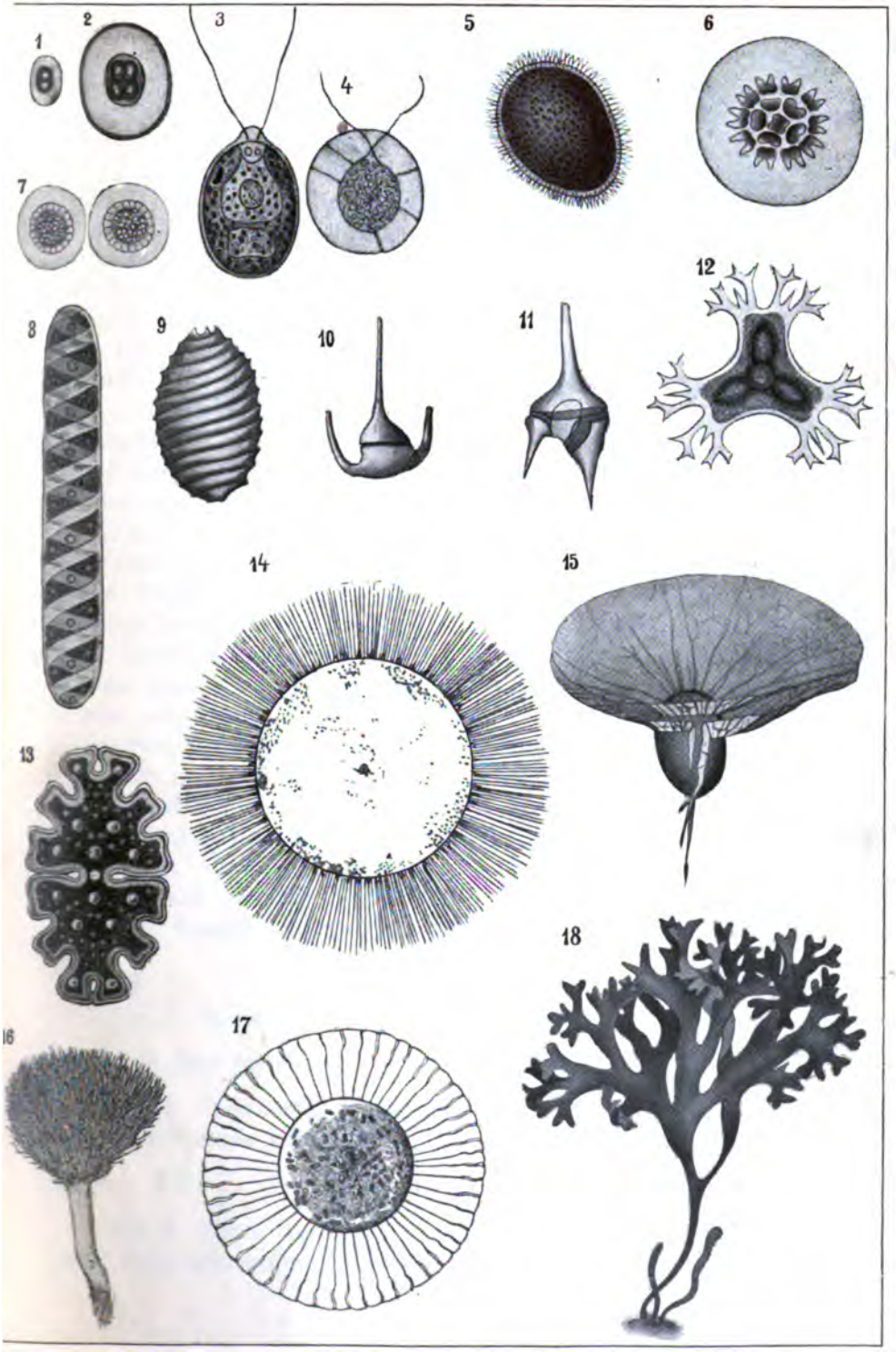
» 14. *Gossleriella tropica*, eine Kieselalge, 150 fach vergrößert; aus A. F. W. Schimper, Pflanzengeographie, S. 840.

» 15. *Ornithocerus splendidus*, eine Peridinee, 150 fach vergrößert; aus A. F. W. Schimper, Pflanzengeographie, S. 840.

» 16. *Penicillus capitatus*, eine Grünalge, nat. Größe; aus R. v. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik I., S. 98.

» 17. *Planktoniella Sol*, eine Kieselalge, 190 fach vergrößert; aus A. F. W. Schimper, Pflanzengeographie, S. 840.

» 18. *Chondrus crispus*, eine Rotalge, nat. Größe; aus dem Lehrbuch der Botanik von E. Straßburger, 8. Aufl., S. 314.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

äußerste Wandschicht (hell gehalten) ist allen Zellen gemeinsam. Sie wächst im achtzelligen Stadium beträchtlich in die Dicke. Die acht Zellen liegen im Kreise mit dem Durchmesser *a*, die Membran reicht bis zum harmonischen Kreis.

Fig. 3. *Chlamydomonas angulosa* ist eine geißeltragende einzellige Grünalge, welche im Süßwasser frei schwimmt. Die Membran ist dünn, die zwei Geißel entspringen vorne in der Nähe des sogenannten Augenfleckes, der als Sehorgan gedeutet wird. Die Länge der Zelle ist $2R$, die Breite $2b$, die Länge der Geißel $2a$. Die wichtigsten Dimensionen sind R, b, a.

Fig. 4. Schwärmende Zelle von *Haematococcus pluvialis*, eine Grünalge, die häufig in Regenpfützen auftritt und roten Farbstoff hat. Die Zellmembran besteht aus einer dicken Gallertschichte. Die schwärmende Zelle hat zwei Geißeln und ist fast kreisrund. Länge zur Breite verhält sich wie $R : a$. Der Zellinhalt hat einen Längsdurchmesser von $2b$ und einen Querdurchmesser von R.

Fig. 5. Schwärmspore von *Vaucheria sessilis*. Diese fadenförmige Grünalge lebt auf feuchtem Boden, worin sie sich mit wurzelähnlichen Organen befestigt. Die Schwärmsporen bilden sich, indem einzelne Fäden an den Enden anschwellen und durch eine Querwand nach unten sich abgrenzen. Der Inhalt des Fadens verwandelt sich in eine einzige sehr große, mit freiem Auge sichtbare Schwärmspore, welche am Saume zahlreiche Zellkerne besitzt. Vor jedem Zellkern ragen zwei Geißeln hervor. Bei der Entleerung des Fadens reißt die Membran auf und die Schwärmspore zwängt sich unter Drehung um ihre Längsachse hervor. Die eben ausgeschlüpfte Schwärmspore hat einen Längsdurchmesser von $2R$, eine Breite von $2(b + r)$.

Fig. 6. *Pediastrum granulatum*, eine in Seen und Teichen freischwimmende, tafelförmige Grünalge. Die Zellen haben sich innerhalb der blasenförmigen Hülle harmonisch angeordnet in Kreisen R, b, $\frac{b}{2}$.

Fig. 7. Sporen von *Spirotaenia condensata*, einer Grünalge; der Zellinhalt liegt im Kreise mit dem Durchmesser $\frac{a}{2}$ respektive $\frac{R}{2}$.

Fig. 8. *Spirotaenia condensata*, eine Grünalge. Das fertige Individuum hat einen langgestreckten walzenförmigen Körper im Verhältnis von $2R : \frac{b}{2}$. Der Farbstoffträger ist spiralig aufgewunden.

Fig. 9. Spore von *Chara fragilis*, einer Grünalge. Die Characeae, Armleuchtergewächse, leben in süßen und brackischen Wässern

und sind hochentwickelte Grünalgen mit regelmäßig aufgebauten Stämmchen und kompliziert gebauten Geschlechtsorganen. Die aus der befruchteten Eizelle hervorgehende Spore ist dicht mit Reservestoffen erfüllt. Die Länge ist $2R$, der Querdurchmesser $2b$.

Fig. 10. *Ceratium tripos*, eine Peridinee oder ein Furchengeißelträger. Sie lebt im Meere und bildet einen wesentlichen Bestandteil der Schwebeflora (Plankton). Die Zellwand besteht aus mehreren Platten. Die Fortbewegung erfolgt durch Geißeln, welche in Furchen liegen, daher ihr Name. Die Gesamtlänge des einzelligen Körpers ist $2R$, die Länge der Fortsätze, Hörner genannt, b respektive $2b$.

Fig. 11. *Ceratium hirundinella*, eine Peridinee, die in der Schwebeflora der Alpenseen besonders häufig ist. Die Länge des Individuums ist $2R$, die Länge der Hörner a, b und $b + r$.

Fig. 12. *Staurastrum furcatum*, eine einzellige Grünalge von regelmäßig dreieckiger Gestalt, mit gabelteiligen Stacheln bewaffnet. Der sternförmig angeordnete Farbstoffträger liegt innerhalb des Kreises $\frac{a}{2}$, die Stacheln beginnen beim Kreis b und reichen bis zum harmonischen Kreis.

Fig. 13. *Euastrum pecten*, eine einzellige Grünalge mit 6 Paaren stumpfer Randlappen. Der Bau dieser zierlichen Alge ist harmonisch.

Fig. 14. *Gossleriella tropica* ist eine Kieselalge mit einer besonderen Schwebeeinrichtung, Die Membran setzt sich in der Äquatorialebene strahlenförmig fort. Diese Fortsätze sind $2r$ lang und reichen vom Kreis b bis zum harmonischen Kreis.

Fig. 15. *Ornithocerus splendidus*, eine Peridinee mit einem fallschirmartigen Schwebeapparat, der einen Durchmesser von $2R$ hat. Der Zellkörper ist $\frac{a}{2}$ breit, die Länge samt den hornartigen Fortsätzen $2b$.

Fig. 16. *Penicillus capitatus*, eine Grünalge aus den tropischen Meeren, ist bäumchenförmig. Die Höhe ist $2R$, der Stamm a lang, r im Durchmesser, die Breite des oberen Teiles, der Krone, $2b$.

Tafel V: Kieselalgen.

Alle Figuren nach E. Haeckel, Kunstformen der Natur, Taf. 4 u. 84.

Fig. 1. *Triceratium murificum.*
» 2. *Auliscus craterifer.*
» 3. *Auliscus crucifer.*
» 4. *Triceratium digitale.*
» 5. *Navicula Wrightii.*
Fig. 6. *Grovea pedalis.*
» 7. *Aulacodiscus mammosus.*
» 8. *Amphithetras elegans.*
» 9. *Biddulphia pulchella.*
» 10. *Biddulphia granulata.*
Fig. 11. *Asterolampra eximia.*

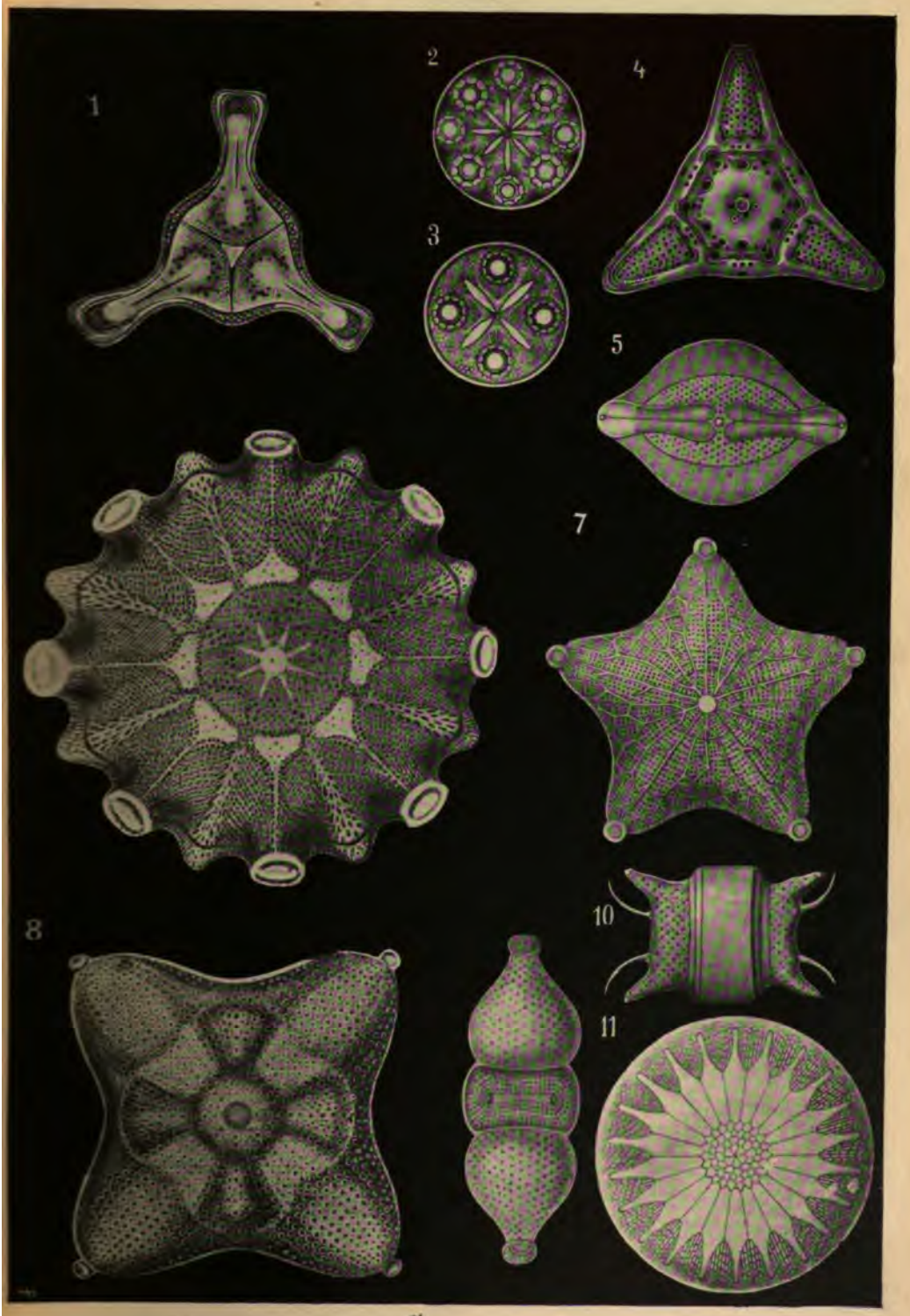

1
2
3
4
5
7
8
10
11

Fig. 17. *Planktoniella Sol,* eine Kieselalge, welche wie Fig. 15 eine Schwebeeinrichtung besitzt. Die Membran dehnt sich flächenförmig weit über den Zellkörper aus, er reicht vom Kreis $\frac{a}{2}$ bis zum harmonischen Kreis.

Fig. 18. *Chondrus crispus,* eine Rotalge, auch isländisches Moos genannt, ist am Meeresboden festgewachsen. Die Höhe ist $2R$, Breite $2(b + r)$.

Im allgemeinen läßt sich der harmonische Aufbau der festgewachsenen Meeresalgen, Rot-, Braun- und Grünalgen, schwer feststellen, da äußere Umstände wie starke Brandung eine Deformierung der Idealgestalt zur Folge haben.

2. Kieselalgen (Tafel V).

Zwei Vertreter dieser eigentümlichen Algenfamilie sind bereits auf der vorhergehenden Tafel abgebildet (Fig. 14 und 17). Die Zellwand ist von Kieselsäure (daher ihr Name) so durchdrungen, daß bei Fäulnis oder beim Ausglühen ein Kieselskelett zurückbleibt. Sie sind durchwegs einzellig. Das Chlorophyll wird durch einen gelben oder braunen Farbstoff verdeckt. Eigentümlich ist der Bau der Zellwand. Sie besteht aus zwei gleich gebildeten Schalen, die ineinander geschoben sind wie der Boden und der Deckel einer Schachtel. Die Schalen haben mannigfache Skulpturen, die auf feine Rippen, Leisten, Warzen, Gruben, Poren zurückzuführen sind. Die Gestalt der Kieselalgen ist äußerst mannigfach, kreisrund, eiförmig, lanzettlich, dreieckig, bisquitförmig usw. Sie sind ungemein verbreitet, im Meer und im Süßwasser. Fossile Kieselalgen bilden mächtige Lager von Kieselmergel, Kieselguhr, die in der Technik Verwendung finden.

Der Aufbau, die Anordnung der Verzierungen und Skulpturen der Membran ist, wie die Figuren auf Tafel V zeigen, harmonisch.

3. Pilze (Tafel VI).

Die Pilze sind im Gegensatze zu den durch Kohlensäureassimilation sich ernährenden Algen auf organische Substanz angewiesen. Sie zersetzen die von den grünen Pflanzen erzeugte organische Substanz.

Tafel VI:

Fig. 1. *Arcyria punicea,* ein Schleimpilz. Die Schleimpilze bestehen aus nackten Plasmamassen, welche unter Formveränderung umherkriechen, Scheinfüßchen und Fortsätze ausstreckend und Nah-

rung aufnehmend. Zur Sporenbildung erzeugen die Plasmamassen Fruchtkörper, in denen zahlreiche Sporen sind. Der Fruchtkörper Fig. 1 ist reif und hat die Sporen entleert. Seine Höhe ist $2R$, die Höhe des Stieles b, des Sporenträgers $2b$, sein Durchmesser $\frac{a}{2}$.

Fig. 2. *Cribraria punicea*, ein Schleimpilz. Der Fruchtkörper ist $2R$ hoch, der Sporenbehälter a hoch und $2b$ breit, die Stieldicke $\frac{b}{2}$.

Fig. 3. Längsschnitt durch einen Fruchtkörper vom Mutterkorn, *Claviceps purpurea*, ein Pilz, der sich in den Fruchtknoten des Getreides entwickelt. Die Gruben, welche zwischen dem harmonischen Kreise und dem b-Kreise liegen, bergen die Schläuche mit den Sporen.

Fig. 4. *Spathularia clavata*, ein Schleimpilz, der bisweilen sogenannte «Hexenringe» bildet. Der seitlich zusammengedrückte gelbe Fruchtkörper ist R breit und $2R$ hoch.

Fig. 5. Zelle der Bierhefe, *Sacharomyces cerevisiae*, welche den Prozeß der Alkoholgärung erregt. Die Länge der Zelle verhält sich zum Querdurchmesser wie $R : b$.

Tafel VI: Pilze.

Fig. 1. *Arcyria punicea*, ein Schleimpilz, vergrößert.
» 2. *Cribraria rufa*, ein Schleimpilz, vergrößert.
» 3. Längsschnitt durch einen Fruchtträger vom Mutterkorn, *Claviceps purpurea*, vergrößert.
» 4. *Spathularia clavata*, ein Schlauchpilz, nat. Größe.
» 5. *Saccharomyces cerevisiae*, die Bierhefe, 1500 mal vergrößert.
» 6. *Geaster fimbriatus*, der Erdstern, nat. Größe.
» 7. *Polyporus perennis*, ein Löcherpilz, etwas verkleinert.
» 8. *Lycoperdon* sp., Stäubling, nat. Größe.
» 9. *Morchella esculenta*, die Morchel, etwas verkleinert.
» 10. *Agaricus caesarius*, der Kaiserling, etwas verkleinert.
» 11. *Clathrus cancellatus*, roter Gitterpilz, etwas verkleinert.
» 12. *Hydnum imbricatum*, der Habichtsschwamm, etwas verkleinert.
» 13. *Boletus Satanas*, der Satanspilz, etwas verkleinert.
» 14. *Agaricus melleus*, der Hallimasch, etwas verkleinert.
» 15. *Dictyophora phalloidea*, Gitterpilz, etwas verkleinert.

Fig. 1, 2, 9 nach Schenk aus dem Lehrbuch der Botanik von E. Straßburger, 8. Aufl., S. 286, 330.
» 3, 4, 5, 7, 8, 10, 12, 14, 15 aus R. v. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik I, S. 128, 133, 120, 149, 155, 149, 149, 152, 157.
» 6, 11 nach E. Haeckel, Kunstformen der Natur, Taf. 63.
» 13 nach W. Migula, Praktisches Pilz-Taschenbuch, Taf. III.

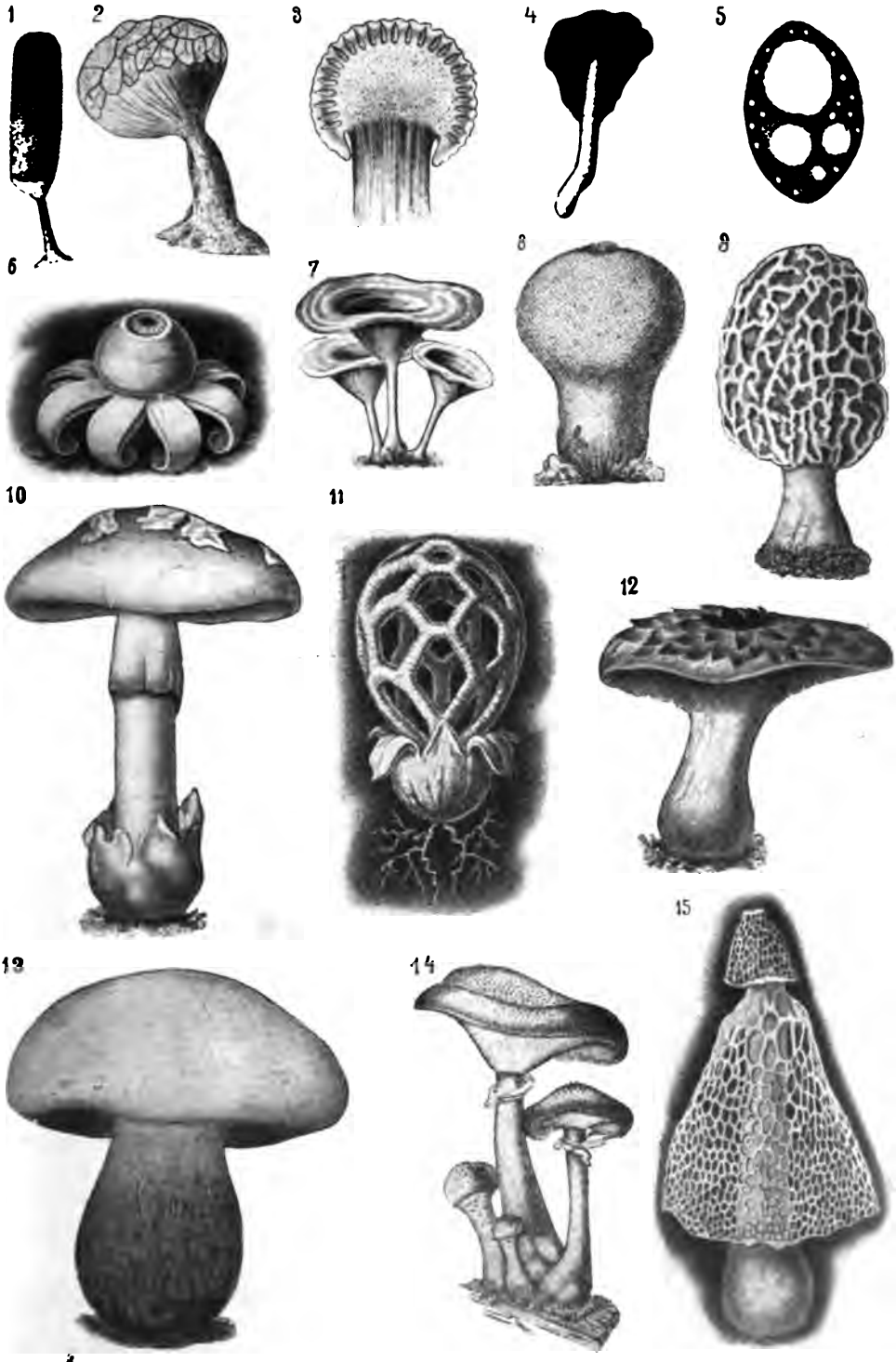

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

Fig. 6. *Geaster fimbriatus*, der Erdstern. Der sternförmige Kranz von aufgerollten Lappen ist vom harmonischen Kreis begrenzt, der blasenförmige Fruchtkörper ist *a* breit, die Öffnung zum Entleeren der Sporen $\frac{b}{2}$.

Fig. 7. *Polyporus perennis*, ein Löcherpilz von elegantem Bau. Der Durchmesser des Hutes ist $2R$, die Höhe des Stieles R.

Fig. 8. *Lycoperdon sp.*, ein Stäubling. Die Höhe ist *a*, der Durchmesser des Sporenbehälters *b*.

Fig. 9. *Morchella esculenta*, die Morchel, ein vorzüglicher Speisepilz. Die Oberfläche des Fruchtträgers ist mit Gruben gefeldert, welche mit sporentragenden Schläuchen bedeckt sind. Der Bau zeigt die Verhältnisse $2R : R : b : 2b$.

Fig. 10. *Agaricus caesarius*, der Kaiserling, ist orangefarbig und hat einige dicke weiße Hautfetzen auf dem Hut. Seine Höhe ist *a*, die Hutbreite *b*, die Höhe des Stieles bis zum Hautring $\frac{R}{2}$.

Fig. 11. *Clathrus cancellatus*, der rote Gitterpilz genannt, da sein Fruchtkörper wie ein Gitter durchbrochen ist. Er ist $2b$ breit und $2R$ hoch.

Fig. 12. *Hydnum imbricatum*, der Habichtsschwamm, Hutbreite R, Höhe *a*.

Fig. 13. *Boletus satanas*, der Satanspilz, ein sehr giftiger Löcherpilz von plumpem Bau. Stieldicke ist *a*, die Hutbreite $2a$. Höhe $2R$.

Fig. 14. *Agaricus melleus*, Hallimasch, dessen Fruchtkörper in Gruppen auf Baumstrünken oder am Grunde von Baumstämmen stehen. Das Mycel dieses Pilzes bringt Wald- und Obstbäume zum Absterben, wenn sie durch ungünstige Verhältnisse geschwächt sind. Das ausgewachsene Individuum und auch die anderen zeigen harmonischen Bau.

Fig. 15. *Dictyophora phalloidea*, ein Gitterpilz aus den Tropen. Der Hut ist glockenförmig netzartig, auf einem Stiele aufgehängt. Seine Breite ist R respektive $\frac{a}{2}$; auch sonst weist er harmonischen Aufbau wie alle anderen Pilze auf.

II. Samenpflanzen.

Besprochen werden hier nur Nadelbäume und Laubbäume, ferner einzelne Organe, und zwar Blätter, Blüten, Samen und Früchte.

1. Nadelbäume (Tafel VII, VIII)

erreichen meist bedeutende Dimensionen. Sie spielen in der Pflanzendecke der Erde durch die Massenhaftigkeit ihres Auftretens in der mächtigsten Pflanzengenossenschaft, dem Walde, eine wichtige Rolle. Sie sind meist baumförmig und erreichen Höhen von 40—150 m Höhe. Die Blätter sind meist nadelförmig, daher ihr Name. Die Gestalt der Krone ist meist pyramiden- oder kegelförmig, doch kommen auch ganz abgerundete, flache Kronen, wie bei den Pinien, vor. Boden und Klima haben einen bedeutenden Einfluß auf die Gestalt der Krone.

Tafel VII:

Fig. 1. Die Wuchsform der Tanne ist in der Jugend kegelförmig, im späteren Alter walzenförmig. Die Höhe des im Freistand erwachsenen Individuums ist $2R$, der Durchmesser der Krone b. Im geschlossenen Bestand reicht die Beastung nicht so weit herunter.

Fig. 2. Die Wuchsform der Fichte ist im Freistande kegelförmig. Der Kegel hat bei der Gesamthöhe des Baumes von $2R$ einen Durchmesser von $2d$.

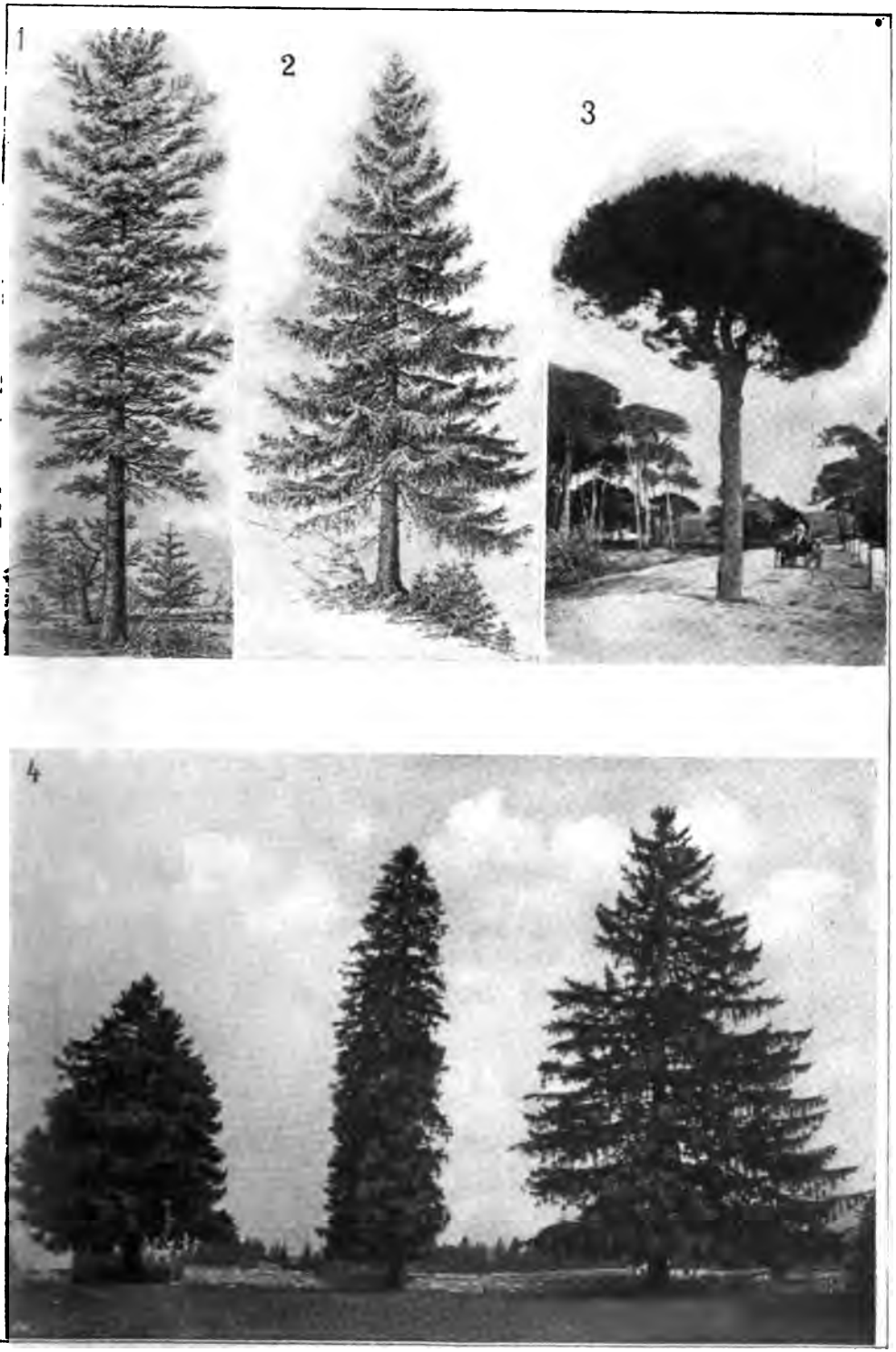
Fig. 3. Die Pinie, ein charakteristischer Baum der Mittelmeerländer, hat eine breite, schirmförmige Krone. Der Kreisbogen mit dem Halbmesser b bildet die Konturlinie nach oben. Der Stamm ist b hoch, die Krone ebenfalls.

Fig. 9. Die drei Fichten sind auf demselben Standorte erwachsen und zeigen, wie die Gestalt der Krone sich am selben Standorte abändern kann. Die Ursache ist in der inneren Anlage zu suchen. Das Individuum in der Mitte ist die Säulenform (*v. pyramidalis*). Der Bau der drei Wuchsformen ist harmonisch.

Blüten, Samen und Früchte der Nadelbäume sind auf Tafel VIII abgebildet.

Tafel VII: **Wuchsformen der Nadelbäume.**

Fig. 1. Wuchsform der Tanne *(Abies alba)*.
» 2. Wuchsform der Fichte *(Picea excelsa)*, beide Figuren nach G. Hempel und K. Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes, I. Bd., S. 87, 54.
» 3. Pinie *(Pinus Pinea)* am Mittelmeer. Nach einer Photographie aus A. F. W. Schimper, Pflanzengeographie, S. 549.
» 4. Verschiedene Wuchsformen der Fichte *(Picea excelsa)* auf Les Monts bei Le Locle; nach einer Photographie von A. Pillichody (Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 1906, S. 335).


1
2
3
4

Tafel VIII:

Fig. 1. Der weibliche Blütenstand der Fichte ist ein Blütenzapfen von hellroter oder grüner Farbe. Länge und Breite verhalten sich wie $2R : a$.

Fig. 2. Die männliche Blüte der Fichte hat dieselben Größenverhältnisse. Mehrere solcher Blüten bilden einen Blütenstand.

Fig. 3, 4, 5, 6, 7. Die Samen der Weißtanne, Fichte, Schwarzföhre, Weißföhre und Lärche sind geflügelt, wodurch sie durch Wind verbreitet werden können. Die Flügel sind glashell, durchscheinend, bisweilen braungestreift oder punktiert. Die Flügel stehen mit den Samen in harmonischen Verhältnissen.

Fig. 8, 9. Der Samen der Zirbelkiefer ist ungeflügelt. Er hat bei einer Länge von $2R$ eine Breite von $2b$, respektive a.

Fig. 10, 11. Die Zapfen der Fichten sind in der Ebene weitaus größer als im Gebirge als Folge des verschiedenen Klimas. Der im Gebirge gewachsene Fichtenzapfen ist gedrungener als der aus der Ebene. Das Verhältnis der Länge zur Dicke ist $2R : a$, resp. $2R : b$.

Fig. 12. Der Zapfen der aus Nordamerika eingeführten Weymuthsföhre, die in den Gärten Europas häufig gepflegt wird, auch in den Waldungen wegen ihres schätzbaren Holzes Eingang gefunden hat, ist von schlankem Bau. $2R : b$.

Fig. 13. Der Zapfen der Lärche ist sehr gedrungen, sein Größenverhältnis ist $R : b$.

Fig. 14, 15, 16. Die Zäpfchen der Flußzeder aus Nordamerika und des Lebensbaumes aus Ostasien sind harmonisch gebaut.

Fig. 17, 18. Die Zapfen der Fichte sind hängend im Gegensatze zu den wie Kerzen aufrechtstehenden Tannenzapfen. In geschlossenem Zustande sind sie schmäler als im geöffneten (Fig. 10, 11).

Fig. 19. Der Zapfen der im Hochgebirge der Alpen heimischen Zirbelkiefer ist ebenso gedrungen wie der Samen. Größenverhältnis R : b.

2. Laubbäume (Tafel IX).

Die Gestalt der Laubbäume ist von der der Nadelbäume verschieden. Die Seitenäste sind nicht wirtelförmig angeordnet, sondern zerstreut schraubig. Die Krone der Laubbäume geht mehr in die Breite, besonders im Freistande. Die Laubbäume sind nicht nur in dem gemäßigten, sondern auch im tropischen Klima vertreten, wo sie die mächtigen Urwälder zusammensetzen. Von den einheimi-

schen Laubbäumen sind vor allem die Birken, Buchen, Ulmen, Linden, Pappeln, Eichen und Ahorne zu nennen.

Tafel VIII: Blüten, Samen und Früchte der Nadelbäume.

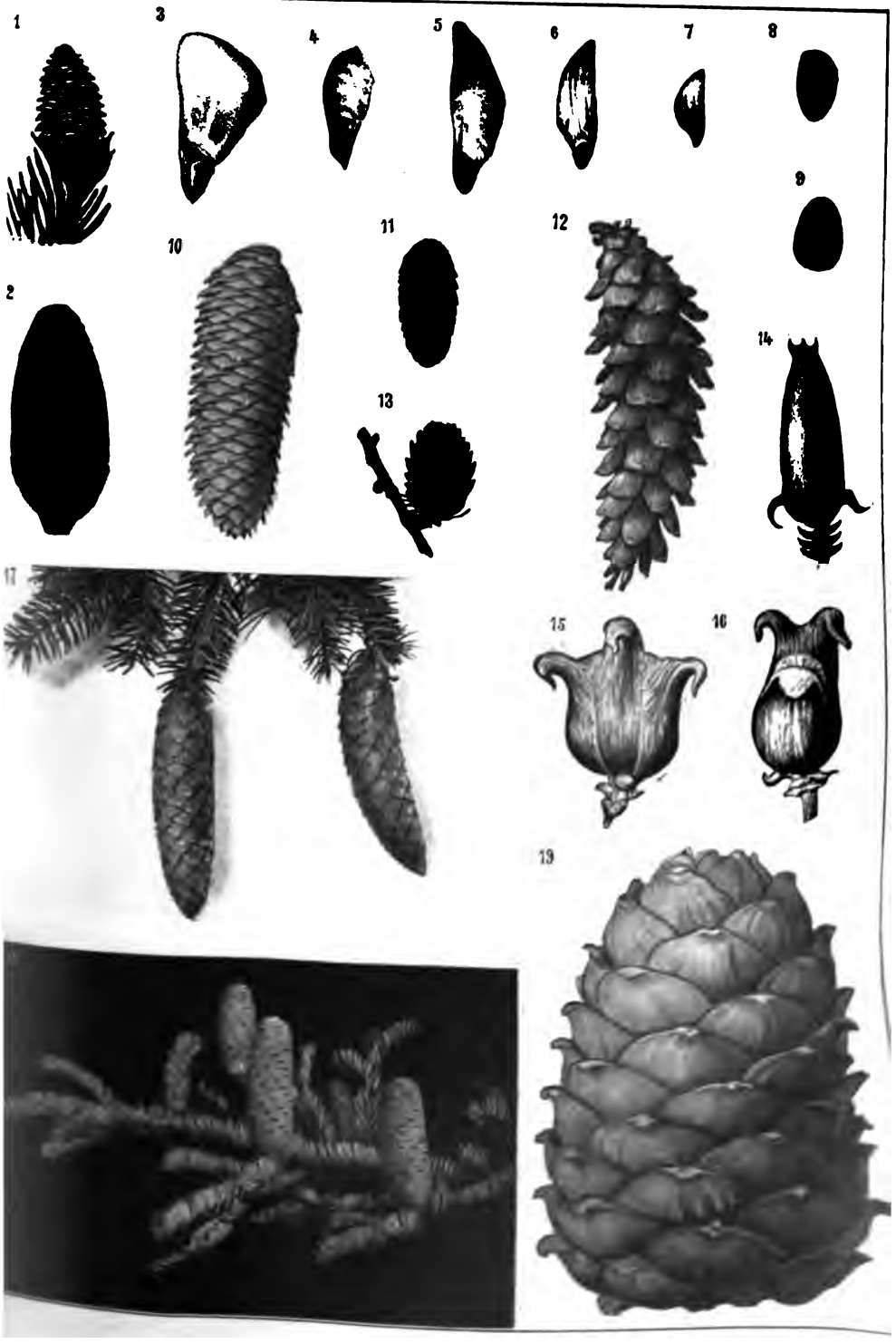
Fig. 1. Zweig mit weiblichem Blütenstand der Fichte (*Picea excelsa*), nat. Größe.
» 2. Männliche Blüte der Fichte (*Picea excelsa*), vergrößert.
» 3—7. Samen mit Flügel, nat. Größe.
» 3. Von der Weißtanne (*Abies alba*).
» 4. Von der Fichte (*Picea excelsa*).
» 5. Von der Schwarzföhre (*Pinus austriaca*).
» 6. Von der Weißföhre (*Pinus silvestris*).
» 7. Von der Lärche (*Larix europaea*).
» 8, 9. Samen der Zirbelkiefer (*Pinus Cembra*), 8 von der Seite, 9 von vorne.
» 10, 11. Offene Zapfen der Fichte (*Picea excelsa*), verkleinert. Aus einem Standorte von 400 m und von 1400 m Seehöhe.
» 12. Offener Zapfen der Weymuthsföhre (*Pinus Strobus*), verkleinert.
» 13. Zapfen der Lärche (*Larix europaea*), verkleinert.
» 14. Geschlossener Zapfen der kalifornischen Flußzeder (*Libocedrus decurrens*), nat. Größe.
» 15, 16. Geschlossener Zapfen des orientalischen Lebensbaumes (*Biota orientalis*), von vorne und von der Seite, nat. Größe.
» 17. Geschlossene Zapfen der Fichte (*Picea excelsa*), verkleinert.
» 18. Geschlossene Zapfen der Weißtanne (*Abies alba*), verkleinert.
» 19. Reifer Zapfen der Zirbelkiefer (*Pinus Cembra*), verkleinert.

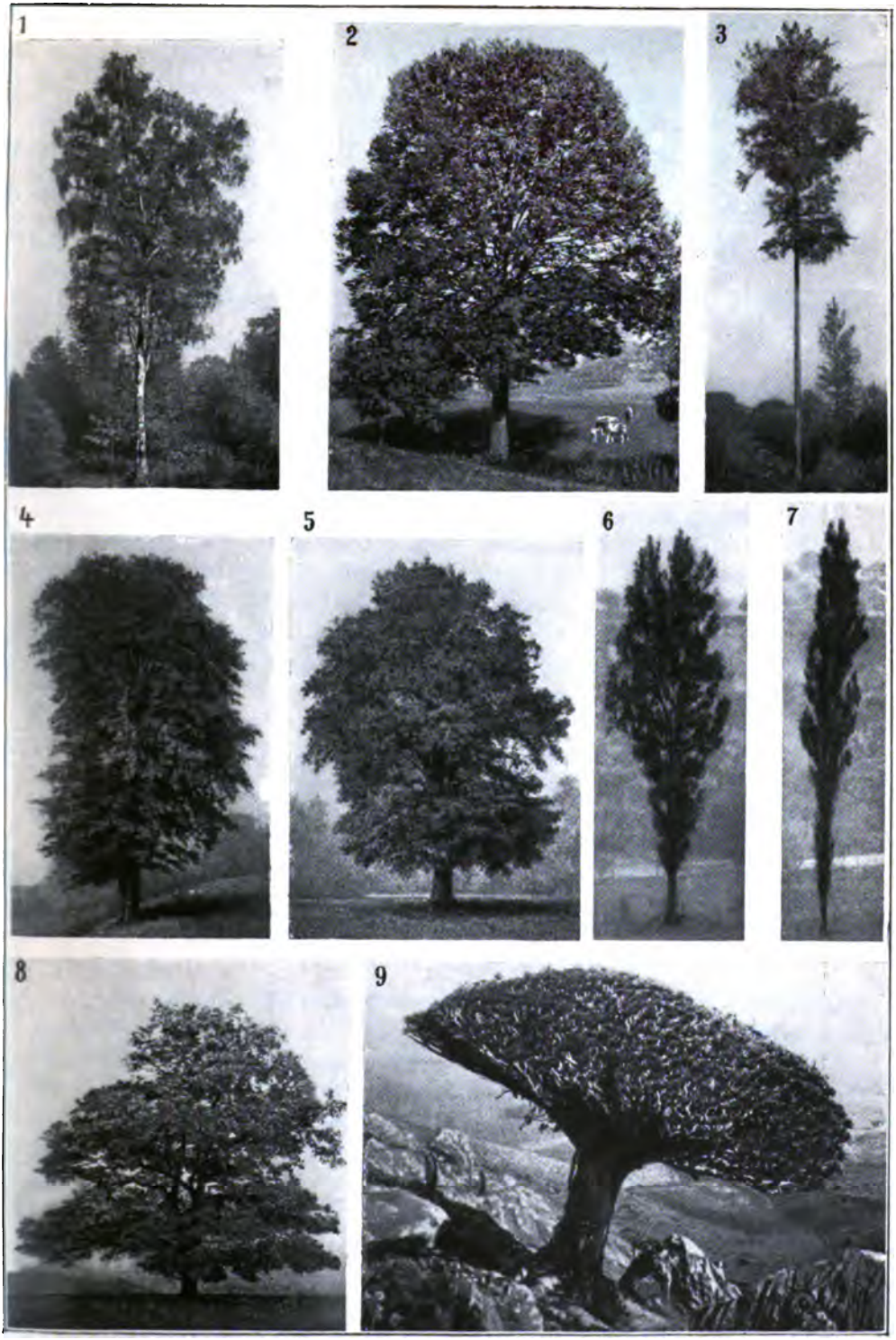
Fig. 1, 2 nach R. v. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik, II. Bd., S. 148.
» 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 19 nach G. Hempel und Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes, Bd. I.
» 10, 11, 17 photographiert nach der Natur.
» 14 nach L. Beissner, Handbuch der Nadelholzkunde, S. 491.
» 15, 16 nach A. Modry, Beiträge zur Morphologie der Kupressineenblüte (58. Jahresbericht über die k. k. Realschule im III. Bez., Wien 1909).
» 18 nach G. Hegi, Illustrierte Flora von Mitteleuropa, I. Bd., S. 83.

Tafel IX: Wuchsformen der Laubbäume.

Fig. 1. Wuchsform der gemeinen Birke (*Betula verrucosa*).
» 2. Die große Buche von Melchnau, Oberargau, Kanton Bern, eine im Freistande erwachsene Buche (*Fagus silvatica*).
» 3. Eine im geschlossenen Hochwaldbestande erwachsene Buche (*Fagus silvatica*).
» 4. Bergulmen (*Ulmus montana*) im Freistande.
» 5. Sommerlinde (*Tilia grandifolia*), im Freistande erwachsen.
» 6. Weiblicher Baum der Pyramidenpappel (*Populus pyramidalis*).
» 7. Männlicher Baum der Pyramidenpappel (*Populus pyramidalis*).
» 8. Stieleiche (*Quercus pedunculata*), im Freistande erwachsen.
» 9. Alter Drachenbaum (*Dracaena Cinnabari*) auf Sokotra.

Fig. 1, 4, 5, 8 nach G. Hempel und K. Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes, II. Bd., S. 20, III. Bd., S. 8, III. Bd., S. 25, II. Bd., S. 54.
» 2 aus der Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen 1910, S. 249.
» 3 nach M. Büsgen in Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas, von Kirchner, Loew, Schröter, Bd. II, S. 33.
» 6, 7 nach einer Photographie des Oberforstrates J. Hampel.
» 9 nach einer photographischen Aufnahme von O. Simony.


1
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
2
13
14
17
15
16
18


1
2
3
4
5
6
7
8
9

Tafel IX:

Fig. 1. Die Birke ist wegen ihrer zierlichen Gestalt, der weißen Rinde, des frischen Grüns im Frühjahr und der schönen Färbung ein beliebter Baum. Die im Freistande erwachsene Birke hat bei einer Höhe von $2R$ eine Kronenbreite von a.

Fig. 2, 3 zeigen den Unterschied zwischen im Freistande und im Walde erwachsenen Buchen. Die Krone ist bei ersterer mehr als doppelt so groß als bei letzterer.

Fig. 4. Bergulme. Der vordere Baum hat bei einer Höhe von $2a$ eine Kronenbreite von $\frac{R}{2}$.

Fig. 5. Die Sommerlinde hat eine Höhe von $2b$ und eine Kronenbreite von R.

Fig. 6, 7. Die weibliche Pyramidenpappel ist sehr selten und nur in einigen Individuen bekannt, da die viel schlankere männliche weitaus beliebter ist und häufig wegen ihrer Gestalt gezogen wird. Die Vermehrung erfolgt fast immer durch Stecklinge. Die Kronenbreite der weiblichen ist doppelt so groß als die der männlichen.

Fig. 8. Die Eichen erlangen im Freistande besonders breitausladende Kronen, deren Höhe a, deren Kronenbreite R ist.

Fig. 9. Der Drachenbaum, der in sehr regenarmen Gegenden wächst, hat eine sehr breite Krone. Höhe zur Breite verhält sich wie $b : a$.

Daher: Der Bau der Bäume ist im allgemeinen ein harmonischer, insbesondere wenn sie im Freistande wachsen. Hingegen geht die Schönheit der Kronen im Walde, wo sie beständig im Kampfe um Licht und Dasein stehen, verloren. Es ist daher meist fruchtlos, schöne Baumkronen und harmonische Wuchsformen bei den in dichtem Bestande erwachsenen Individuen zu suchen.

3. Blätter (Tafel X).

Die grünen Blätter haben die Aufgabe, mittels des Blattgrüns anorganische Substanz in organische umzuwandeln. Sie entstehen an der Oberfläche der Sprosse und nehmen im ausgewachsenen Zustande je nach der Art äußerst mannigfache Formen an, von den einfachsten nadelförmigen, ovalen oder eiförmigen bis zu den kompliziertesten unregelmäßigen.

Tafel X:

Fig. 1. Das Blatt des Apfelbaumes ist eiförmig. Länge zur Breite verhält sich wie $R : b$. Diese Blattform ist sehr häufig.

Fig. 2. Das Blatt des blauen Eisenhutes ist tief, gespalten, 5—7teilig. Der Mittelabschnitt ist stielförmig zusammengezogen, die Blattzipfel sind lineal zugespitzt. Die Längen der Zipfel sind harmonisch.

Fig. 3. Das Blatt einer Varietät des blauen Eisenhutes ist ebenfalls harmonisch gebaut.

Fig. 4. Das Blatt des Pfeilkrautes ist pfeilförmig. Die Länge der beiden Zipfel ist a, die Breite $\frac{a}{2}$.

Fig. 5. Das gelappte Blatt des Efeus hat besonders schöne Form, weswegen es auch zur Dekoration oder als Motiv zu Kunstformen verwendet wird. Nicht nur die Länge der Lappen, sondern auch die Umrißlinien sind harmonisch.

Fig. 6. Das lanzettliche Blatt der Weißweide hat bei einer Länge von $2R$ eine Breite von $\frac{b}{2}$.

Fig. 7. Der belaubte Zweig des Spitzahorns zeigt die Stellung der Blätter senkrecht auf die zu jeder Tageszeit auffallenden Sonnenstrahlen (diffusen). Die Blätter ordnen sich so an, daß die kleineren die Lücken zwischen den großen ausfüllen und so die Sonnenstrahlen auf das beste ausnützen. Die Gestalt jedes Blattes, ob klein oder groß, ist harmonisch.

Tafel X: Blätter.

Fig. 1. Blatt eines Apfelbaumes *(Pirus malus)*, verkleinert.
» 2. Blatt vom blauen Eisenhut *(Aconitum Napellus* subsp. *Lobelianum)*, verkleinert.
» 3. Blatt vom blauen Eisenhut *(Aconitum Napellus* subsp. *formosum)*, verkleinert.
» 4. Blatt des Pfeilkrautes *(Sagittaria sagittifolia)*, verkleinert.
» 5. Blatt des Efeus *(Hedera Helix)*, nat. Größe.
» 6. Blatt der Weißweide *(Salix alba)*, verkleinert.
» 7. Ein seitlich vom Stamme abstehender belaubter Zweig des Spitzahorns *(Acer platanoides)*, verkleinert.
» 8—13. Blätter der Schneerose *(Helleborus niger)*, verkleinert.
Fig. 14. Blätter der weißhaarigen Eiche *(Quercus pubescens)*, verkleinert. *a*—*e* von mannbaren Bäumen, *f*, *g* von strauchigen Exemplaren, *h*—*i* von Stockausschlägen.

Fig. 1 aus Empfehlenswerte Obstsorten, herausgegeben vom Landes-Obstbauvereine für Niederösterreich, Taf. VIII, 1. Lieferung.
» 2, 3, 4 nach G. Hegi, Illustrierte Flora von Mitteleuropa, III. Bd., S. 498, 499, I. Bd., S. 159.
» 5, 8—13 nach der Natur.
» 6, 14 nach G. Hempel und K. Wilhelm, Bäume und Sträucher des Waldes II. Bd., Taf. XXVII.
» 7 nach A. v. Kerner, Pflanzenleben I., S. 389.

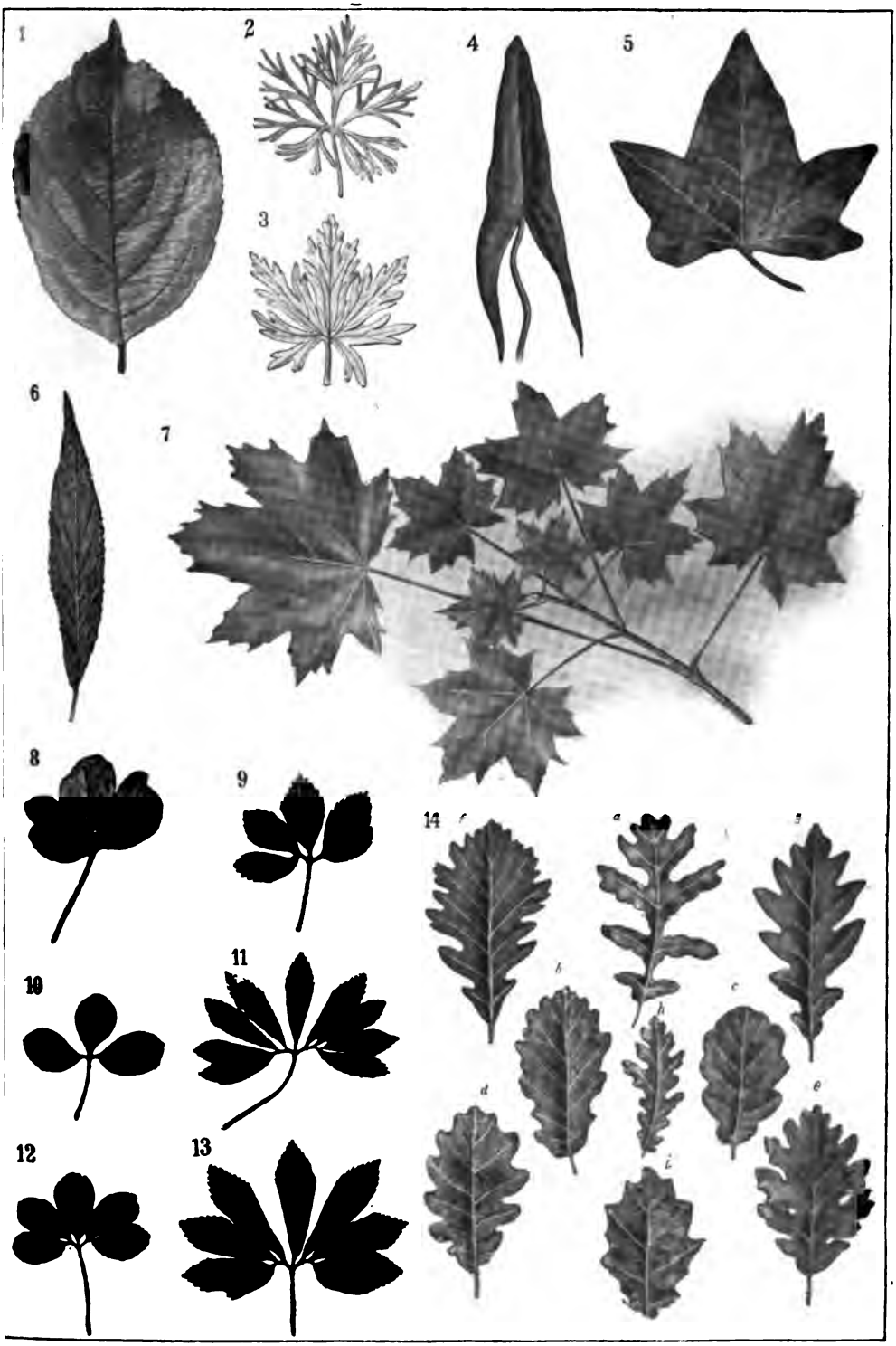

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

Fig. 8—13. Beispiel der Vielgestaltigkeit der Blätter einer Art. Das einfache dreilappige Blatt der Schneerose (Fig. 8) ist sehr selten, die dreiteiligen (Fig. 10), vier- und mehrteiligen Blätter sind häufiger. Die Größenverhältnisse der Teilblättchen, Länge und Breite, sind harmonisch.

Fig. 14. Blätter der flaumhaarigen Eiche, welche in Südeuropa ihre Verbreitung hat, sind ein weiteres Beispiel für die Vielgestaltigkeit der Blätter innerhalb einer Art. Die Blätter sind gelappt, die Gestalt der Lappen äußerst mannigfach, abgerundet oder spitz zulaufend, nicht selten wieder gezähnt oder seicht gelappt. Die Länge zur Breite verhält sich meist wie $R : b$ oder $R : d$.

Daher auch hier: Die Gestalt der Blätter ist in der Regel harmonisch, insbesonders wenn sie ungehindert sich entwickeln können. Durch äußere Verhältnisse verunstaltete Blätter zeigen hingegen die harmonischen Maße der Idealgestalt nicht.

4. Die Blüten (Tafel XI, XII).

Die Blüten werden wegen der Schönheit ihrer Gestalt und wegen ihrer Farbenpracht seit jeher von den Menschen besonders geschätzt. Viele tausende Blütenpflanzen werden nur gezogen, um durch ihre Schönheit Auge und Herz zu erfreuen.

Tafel XI:

Fig. 1. Blüte des Weizens *(Triticum sativum)* als Beispiel des Blütenbaues der Gräser, die in ungeheurer Individuenzahl über die ganze Erde ausgebreitet sind. Die Länge der Deckspelze ist $2\,a$, die der Vorspelze $2\,b$, der büschelförmigen Narben b, der Staubbeutel $\frac{a}{2}$.

Fig. 2. Die Blüte des Laichkrautes, das im Wasser lebt, ragt aus dem Wasser hervor. Die vierblättrige Blütenhülle ist vom harmonischen Kreise begrenzt. Die Staubblätter reichen bis zum Kreise mit dem Halbmesser b, die Fruchtblätter bis $\frac{b}{2}$.

Fig. 3. Die Blüte des gemeinen Spindelbaumes hat vier Kelch- und vier kreuzweise ausgebreitete Blumenkronblätter. Die Kelchblätter werden vom Kreise $\frac{a}{2}$ umschlossen, die Blumenkronblätter vom harmonischen Kreise.

Fig. 4. Die weibliche Blüte der kanadischen Wasserpest hat drei zweispaltige Narben, die R lang sind. Ihre Zipfel sind $2\,r$ lang, die Blumenkronblätter a.

Fig. 5. Die Blüten der Kornelkirsche sind gelb und entfalten sich im März als eine der ersten Frühlingsboten. Die Kelchblätter sind sehr klein, in der Abbildung nicht sichtbar. Die Blumenblätter, 4 an der Zahl, sind R lang und $2r$ breit. Die Staubbeutel stehen in der

---

Tafel XI: Blüten.

Fig. 1. Blüte des Weizens *(Triticum sativum)*, vergrößert.
» 2. Blüte eines Laichkrautes *(Potamogeton perfoliatus)*, von oben, vergrößert.
» 3. Blüte des gemeinen Spindelbaumes *(Evonymus europaea)*, von oben, etwas vergrößert.
» 4. Weibliche Blüte der kanadischen Wasserpest *(Elodea canadensis)*, von oben, etwas vergrößert.
» 5. Blüte der Kornelkirsche *(Cornus mas)*, von oben, etwas vergrößert.
» 6. Blüte des Dolden-Milchsternes *(Ornithogalum umbellatum)*, nat. Größe.
» 7. Blüte der Silberlinde *(Tilia argentea)*, von oben, etwas vergrößert.
» 8. Männliche Blüte des Spitzahorns *(Acer platanoides)*, von oben, vergrößert.
» 9. Längsdurchschnitt durch die Blüte des giftigen Hahnenfußes *(Ranunculus sceleratus)*, etwas vergrößert.
» 10. Längsschnitt durch die Blüte der dornigsten Rose *(Rosa spinosissima)*, vergrößert.
» 11. Männliche Blüte des Feldahorns *(Acer campestre)*, von oben, vergrößert.
» 12. Längsdurchschnitt durch eine Blüte der Erdbeere *(Fragaria silvestris)*, etwas vergrößert.
» 13. Blüte des dreifarbigen Veilchens *(Viola tricolor)*, von vorne.
» 14. Blüte der Johannesbeere *(Ribes rubrum)*, von oben, vergrößert.
» 15. Blüte des Frühlings-Hungerblümchens *(Draba verna)*, vergrößert.
» 16. Blüte des Teestrauches *(Thea chinensis)*, etwas vergrößert.
» 17. Blütenköpfchen der gelben Wucherblume *(Chrysanthemum segetum)*, von oben, nat. Größe.
» 18. Gefülltes Blütenköpfchen der gelben Wucherblume *(Chrysanthemum segetum plenum)*.
» 19. Blüte des großen Löwenmaules *(Antirrhinum maius)*, von vorne.
» 20. Blütentöpfchen des Edelweiß *(Leontopodium alpinum)*, nat. Größe.
» 21. Doldenförmiger Blütenstand der blauen Donardistel *(Eryngium amethystinum)*, nat. Größe.
» 22. Blütenkopf der Wetterdistel *(Carlina acaulis)*, verkleinert.
» 23. Blüte der weißen Taubnessel *(Lamium album)*, *a* von vorne, *b* im Längsschnitt, nat. Größe.

Fig. 1, 2, 4, 10, 12, 13, 14, 16, 21 nach R. v. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik, II., S. 509; II., S. 482; II., S. 479; II., S. 358; II., S. 358; II., S. 351; I., S. 35; II., S. 311; II., S. 391.

» 3, 5, 7, 8, 11, 13 nach G. Hempel und K. Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes, III., S. 53; III., S. 61; III., S. 26; III., S. 39; III., S. 39; III., S. 87.

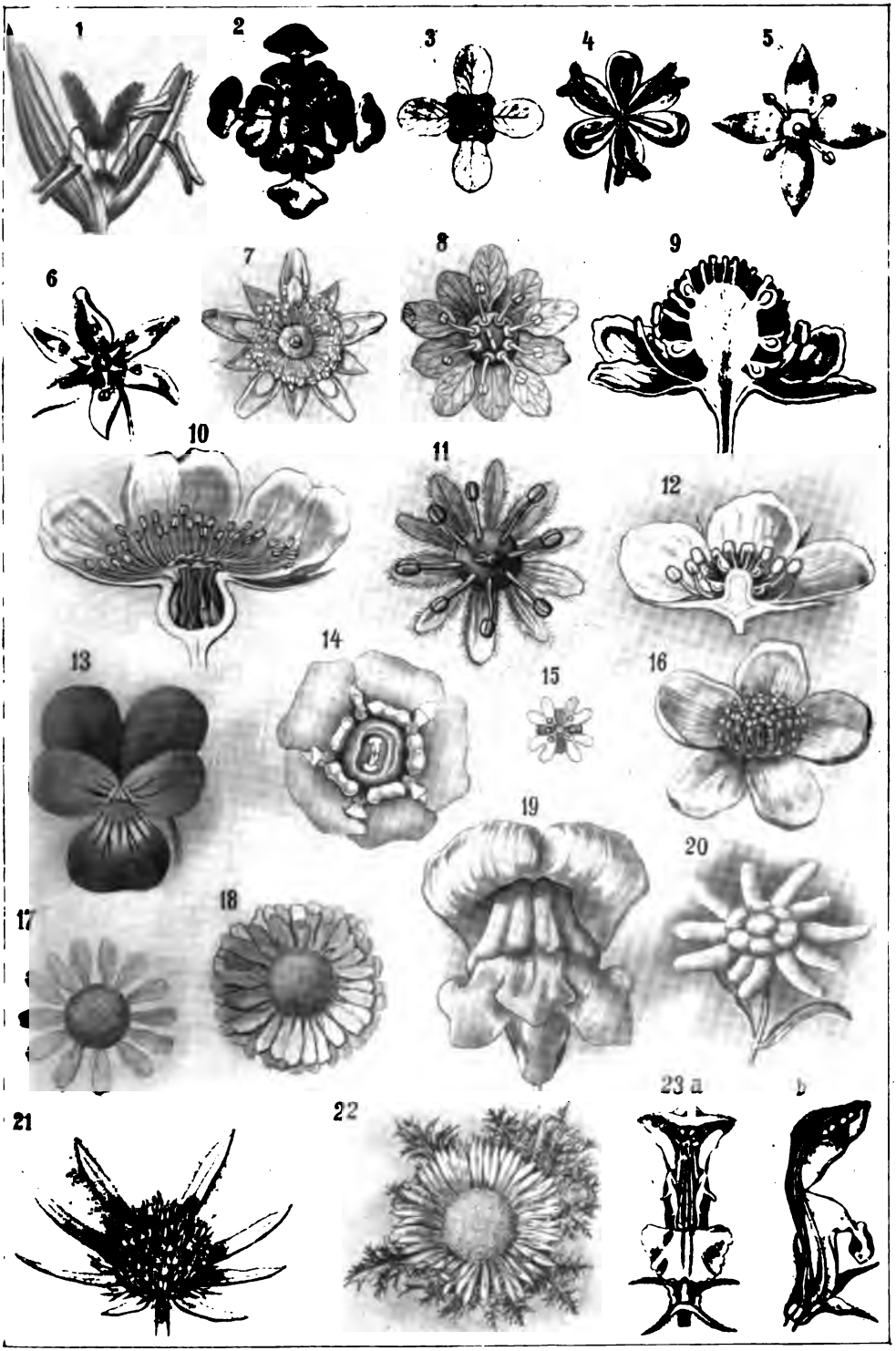
» 6, 19, 22, 23 nach G. Hegi, Illustrierte Flora von Mitteleuropa II., S. 246; I. Bd., p. CXXXV; I., CXII; I., CXXX.

» 8 nach E. Straßburger, Lehrbuch der Botanik, 7. Aufl., S. 405.

» 17, 18 nach Hugo de Vries, Mutationstheorie I., S. 628, Taf. VIII.

» 20 nach A. v. Kerner, Pflanzenleben I., S. 291.

» 15 nach Rosen P., Systematische und biologische Beobachtungen über *Erophila verna*. Botanische Zeitung 1889.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23 a
b

Entfernung $\frac{a}{2}$ vom Mittelpunkte, der Fruchtknoten hat einen Durchmesser von $2r$.

Fig. 6. Die Blüte des Dolden-Milchsternes hat weiße Hüllblätter von R Länge. Die Staubfäden sind $\frac{a}{2}$ lang.

Fig. 7. Die Blüte der Silberlinde hat eine sogenannte Nebenkrone, welche aus dem zweiten Staubblattkreise gebildet wird. Sie reicht bis Kreis b, die Blumenkronblätter reichen bis zum harmonischen Kreise, die Kelchblätter bis zum Kreise $b + r$, die Staubblätter bis $\frac{a}{2}$. Der Fruchtknoten hat einen Durchmesser von $2r$.

Fig. 8. Die lebhaft grünlichgelben Blätter des Spitzahorns haben geaderte Kelch- und Blumenblätter. Die Staubfäden sind auf einem scheibenförmigen Gebilde (Discus), der einen Durchmesser von b hat; die Kelchblätter reichen bis zum Kreise a.

Fig. 9. Längsschnitt durch die Blüte des giftigen Hahnenfußes. Der Fruchtboden ist $\frac{a}{2}$ dick samt den auf ihm sitzenden zahlreichen Fruchtblättchen a. Die Blumenkronblätter sind b lang, die Staubblätter $\frac{a}{2}$.

Fig. 10. Der Längsschnitt durch eine Rosenblüte zeigt den ausgehöhlten Fruchtboden, der $\frac{R}{2}$ breit ist. Die Staubbeutel liegen zwischen den Kreisen b und $\frac{a}{2}$ (bei den kultivierten ist die Zahl der Blumenkronblätter sehr stark vermehrt).

Fig. 11. Die männliche Blüte des Feldahorns hat gleichlange Kelch- und Blumenkronblätter; letztere sind $\frac{b}{2}$ breit. Das scheibenförmige Gebilde, auf dem die Staubblätter stehen, hat einen Durchmesser von b.

Fig. 12. Die Blüte der Erdbeere hat einen erhöhten Fruchtboden, r im Durchschnitte. Die Staubbeutel liegen im Kreise $\frac{a}{2}$.

Fig. 13. Die Blüte des dreifarbigen Veilchens hat verschieden gebaute Blumenkronblätter, welche R, $4r$ und a lang sind.

Fig. 14. Die Blüte der roten Johannesbeere hat einen sehr schönen harmonischen Bau. Der Fruchtknoten hat einen Durchmesser von b, die Staubblätter stehen im Kreise $\frac{a}{2}$, die kleinen Blumenkronblätter reichen bis zum Kreise b, die Kelchblätter bis zum harmonischen Kreise.

Fig. 15. Die Blüte des Frühlingshungerblümchens hat gegabelte Blumenkronblätter. Die Gabelung tritt im Kreise *b* auf.

Fig. 16. Die Blüte des Teestrauches hat zahlreiche Staubblätter, die innerhalb des Kreises $\frac{a}{2}$ liegen. Die Blumenkronblätter sind *b* breit.

Fig. 17. Das Blütenköpfchen der gelben Wucherblume. Die strahligen Blüten liegen innerhalb des Kreises $\frac{a}{2}$, die zungenförmigen reichen bis zum harmonischen Kreise.

Fig. 18. Das gefüllte Blütenköpfchen der gelben Wucherblume zeigt denselben Bau.

Fig. 19. Die Blüte des großen Löwenmaules hat eine verwachsenblättrige, zweilippige Blumenkrone. Die Ansicht von vorne zeigt harmonische Maße.

Fig. 20. Der Blütenstand des Edelweißes hat lange Hüllblätter (*R*), die weißwollig-filzig sind. Die Blütenköpfchen reichen bis zum Kreise $\frac{a}{2}$.

Fig. 21. Der Blütenstand der blauen Donardistel. Die Länge der Hüllblätter ist *R*.

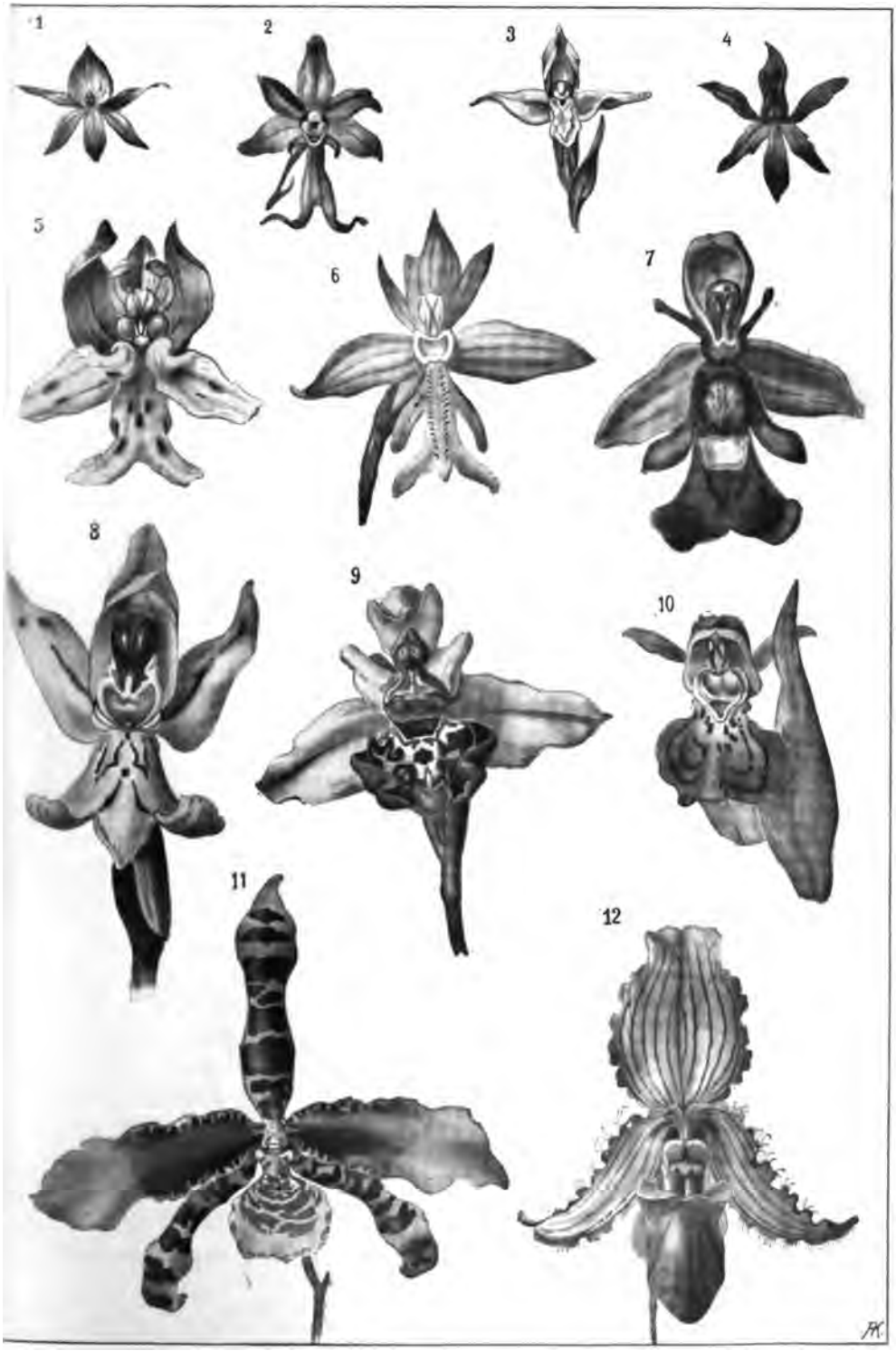
Fig. 22. Blütenköpfchen der Wetterdistel. Dieser Korbblütler hat den Namen Wetterdistel erhalten, weil bei schönem Wetter die randständigen Zungenblüten und Deckblätter strahlenförmig abstehen, bei schlechtem Wetter und am Abend sich aufrichten und über die

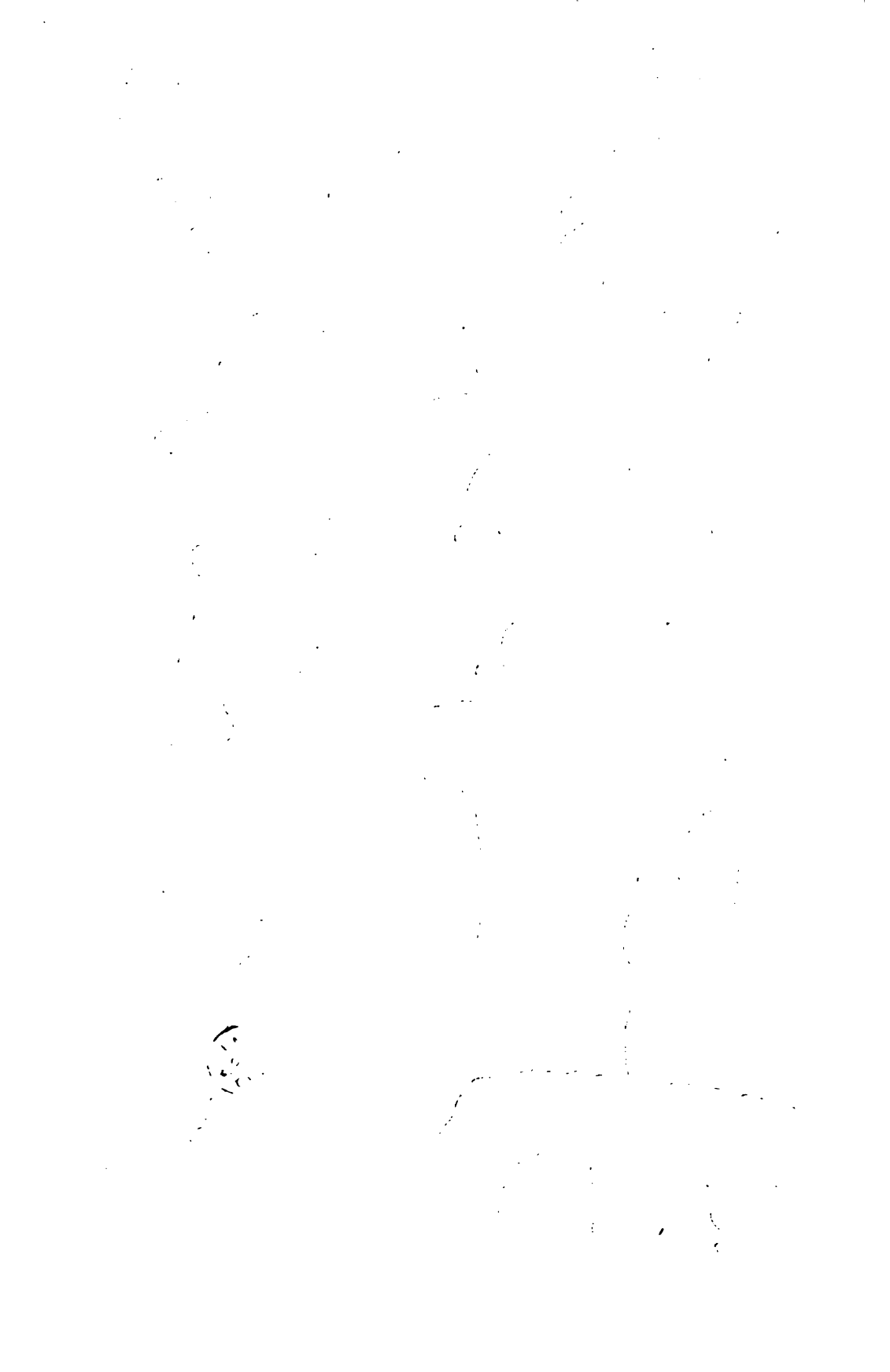
---

Tafel XII: **Orchideenblüten.**

Fig. 1—10. Blüten von einheimischen Orchideen, vergrößert; nach G. Hegi, Illustrierte Flora von Mitteleuropa, II. Bd.

» 1. Rotes Kohlröschen *(Nigritella rubra).*
» 2. Herzblätteriges Zweiblatt *(Listera cordata).*
» 3. Kriechender Drehling *(Goodyera repens).*
» 4. Schwarzes Kohlröschen *(Nigritella nigra).*
» 5. Brandblütiges Knabenkraut *(Orchis ustulata).*
» 6. Helm-Knabenkraut *(Orchis militaris).*
» 7. Fliegen-Orchis *(Ophrys muscifera).*
» 8. Geflecktes Knabenkraut *(Orchis masculata).*
» 9. Hummel-Ragwurz *(Ophrys Arachnites).*
» 10. Breitblätteriges Knabenkraut *(Orchis latifolia).*
» 11, 12. Blüten von tropischen Orchideen, etwas verkleinert; nach der Natur gezeichnet von A. Krakowitzer.
» 11. *Dendrobium grande.*
» 12. *Cypripedium Fairreanum.*


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12



in der Mitte gelegenen Strahlenblüten zusammenschließen. Sie reichen bis zum harmonischen Kreise, die Strahlenblüten bis zum Kreise $\frac{a}{2}$. A. v. Kerner schreibt über das Verhältnis der Strahlenblüten zu den Zungenblüten in seinem vortrefflichen Werke: Pflanzenleben II, S. 115, Folgendes: «Merkwürdig ist, daß die Länge dieser zusammenneigenden Zungen oder Strahlen in einem gewissen Verhältnisse zum Querdurchmesser der Scheibe des Köpfchens steht. Köpfchen mit großer Scheibe und zahlreichen Röhrenblüten haben längere, solche mit kleiner Scheibe und weniger Röhrenblüten kurze Zunge am Rande. Zudem sind anfänglich, wenn die Blüten in der Mitte der Scheibe noch geschlossen sind und nur die gegen den Rand stehenden Röhrenblüten ihren Pollen vorgeschoben haben, die zungenförmigen Randblüten und strahlenden Deckblätter noch kurz, weil sie nur ihre nächsten Nachbarn zu schirmen die Aufgabe haben; sobald aber auch die Blüten in der Mitte der Scheibe sich öffnen, erscheinen sie so bedeutend verlängert, daß sie auch diese zu überdecken imstande sind. Tatsächlich wächst also hier das Dach entsprechend dem Umfange der zu überwölbenden Fläche.» Es scheint also in jedem Stadium das Verhältnis der Zungenblüten zur Scheibe der Strahlenblüten ein harmonisches zu sein, $R : \frac{a}{2}$.

Fig. 23. Die Blüte der weißen Taubnessel weist sowohl von vorne als auch von der Seite gesehen, harmonische Maße auf.

Die wenigen hier angeführten Beispiele über den Bau der Blüten zeigen, daß die Teile der Blüte im schönsten Stadium, in der Blütezeit, zueinander in richtigen Verhältnissen, harmonisch, sind.

Orchideenblüten (Tafel XII).

Die Orchideen sind wegen ihrer Farbenpracht, wie auch wegen ihrer eigentümlichen Düfte und pittoresken Gestalten in den letzten Jahrzehnten beliebte Zierpflanzen geworden. Besonders die aus den Tropen stammenden, auf Bäumen lebenden Orchideen sind in den Wohnhäusern häufig zu finden. In Europa sind nur erdbewohnende verbreitet. Die Blütenhülle ist blumenkronartig, ein Blütenhüllblatt ist häufig gespornt oder sackartig ausgehöhlt. Der Bau der Blüten ist, wie Tafel XII zeigt, durchwegs harmonisch, bei manchen ist auch die Farbenverteilung, z. B. Fig. 11, in richtigen Verhältnissen.

5. Samen und Früchte (Tafel XIII).

Aus der befruchteten Samenanlage entwickelt sich der Samen und die Frucht. Ihre Gestalt ist äußerst mannigfach, da meist Einrichtungen zur Sicherung der Samenverbreitung vorhanden sind.

Fig. 1. Querschnitt durch die Frucht der Kornelkirsche. Die fleischige, genießbare äußere Fruchtwand wird vom harmonischen Kreise umschlossen, die harte innere Fruchtwand reicht bis zum Kreise *b*.

Fig. 2. Querschnitt durch die Frucht des Erdbeerbaumes. Die genießbare fleischige Hülle mit den stachelförmigen Erhebungen wird vom harmonischen Kreise umschlossen, Samen liegen zwischen den Kreisen $\frac{a}{2}$ und *b*.

Fig. 3. Frucht der Stieleiche. Ihre Länge samt dem Fruchtbecher ist 2 *R*, ihr Querdurchmesser *a*.

Fig. 4. Die Frucht der Wassernuß hat Dorne, welche an ihrer Spitze zurückgekrümmte Dörnchen zum Verankern im Schlamme besitzen. Die Dorne sind $\frac{b}{2}$ lang.

Tafel XIII: Samen und Früchte.

Fig. 1. Querschnitt durch die Frucht der Kornelkirsche *(Cornus mas)*, etwas vergrößert.
» 2. Querschnitt durch die Frucht des Erdbeerbaumes *(Arbutus Unedo)*, nat. Größe.
» 3. Frucht der Stieleiche *(Quercus pedunculata)*, nat. Größe.
» 4. Frucht der Wassernuß *(Trapa natans)*.
» 5. Frucht des Hirtentäschchens *(Capsella bursa pastoris)*, etwas vergrößert.
» 6 Längsschnitt, Fig. 7 Querschnitt durch die Frucht des Ölbaumes *(Olea europaea)*.
» 8. Frucht des Gartenkümmels *(Carum Carvi)*, etwas vergrößert.
» 9. Querschnitt durch die Teilfrüchtchen des Gartenkümmels, etwas vergrößert.
» 10. Frucht des Bergahorns *(Acer Pseudoplatanus)*.
» 11. Ähre des Weizens *(Triticum vulgare)*.
» 12, 13. Querschnitt durch die Frucht des Kaffeestrauches *(Coffea liberica)*. Samen des Kaffeestrauches nach Entfernung der Samenschale.
» 14. Längsschnitt durch die Frucht der Cocospalme *(Cocos nucifera)*, verkleinert.
» 15. Längsschnitt durch die Frucht der Walnuß *(Juglans regia)*, nat. Größe.
» 16. Querschnitt durch einen Kakiapfel *(Diospyros Kaki)*.
» 17. Frucht der Feldulme *(Ulmus campestris)*, nat. Größe.
» 18. Längsschnitt durch einen Apfel *(Pirus malus)*, Sorte Plankenapfel.
» 19. Kolben eines Maisbastardes *(Zea Mays saccharata)*, verkleinert.
» 20. Längsschnitt durch die Frucht von Kakao *(Theobroma Cacao)*, etwas verkleinert.

Fig. 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 16, 20 nach R. v. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik II, S. 387, 402, 383, 293, 452, 392, 454, 534, 409, 319.
» 3, 10, 15, 17 nach G. Hempel und K. Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes, Taf. XXI, Taf. XLIV, Taf. XXXVII, Taf. XXXVI.
» 11 nach E. Straßburger, Lehrbuch der Botanik, 7. Aufl., S. 423.
» 18 nach Empfehlenswerte Obstsorten, herausgegeben vom niederösterreichischen Obstbauverein, Taf. XXXIII.
» 19 nach Hugo de Vries, Die Mutationstheorie II., S. 176.

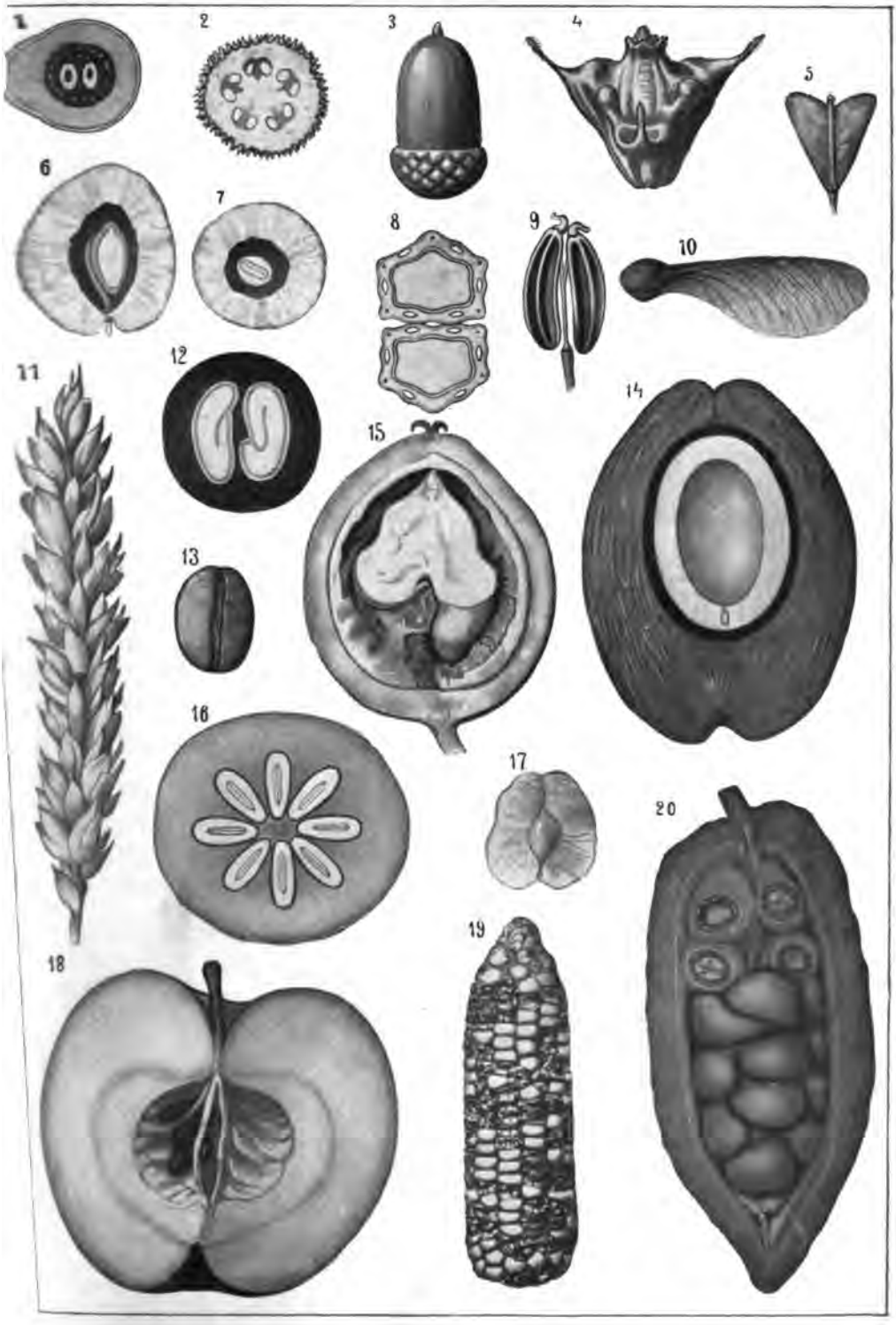

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Fig. 5. Die Frucht des über die ganze Erde verbreiteten Hirtentäschel ist flach zusammengedrückt. Die Konturlinien und der Bau sind harmonisch.

Fig. 6 und 7. Längsschnitt und Querschnitt der Frucht des Ölbaumes. Länge zur Dicke verhält sich wie $2b : R$. Der Durchmesser der harten Schale ist a.

Fig. 8 und 9. Die Frucht des Gartenkümmels zerfällt in zwei Teilfrüchtchen, R lang, $\frac{b}{2}$ breit, die längere Zeit an dem gemeinsamen Träger hängen bleiben. Der Querschnitt zeigt die Verhältnisse $R : 2b$.

Fig. 10. Die geflügelte Frucht des Bergahorns ist $2R$ lang, der netzig geaderte Flügel ist b breit, die Frucht ist $\frac{b}{2}$ breit, $\frac{a}{2}$ lang.

Fig. 11. Die Fruchtähre des Weizens ist $2R$ lang, $\frac{b}{2}$ breit. Die Ähren der Getreidearten werden wegen ihrer Schönheit, die offenbar auf harmonische Maße zurückzuführen ist, in manchen Gegenden als Wandschmuck verwendet.

Fig. 12 und 13. Die fleischige Frucht des Kaffeestrauches wird entweder getrocknet oder ausgequetscht auf mechanischem Wege entfernt. Der in den Handel gebrachte Samen ist a lang, b breit.

Fig. 14. Die Frucht der Kokosnuß hat eine mächtig entwickelte Fruchtwand, deren äußerer Teil faserig ist. Die Länge ist $2R$, Dicke $R + \frac{a}{2}$. Der Samen ist $2d$ lang, a breit.

Fig. 15. Die Frucht der Walnuß ist $2R$ lang, $2(b + r)$ breit, die harte Schale $2(b + r)$ lang und $4r$ breit.

Fig. 16. Die genießbare Frucht des *Diospyros Kaki* aus den subtropischen Gegenden hat im Innern schön angeordnete, $\frac{R}{2}$ lange Samen.

Fig. 17. Die Frucht der Ulme ist geflügelt. Die Flügel reichen bis zum harmonischen Kreise.

Fig. 18. Die Frucht des Apfelbaumes ist eine sogenannte Scheinfrucht, an deren Aufbau die Blütenachse teilnimmt. Die pergamentartigen Fruchtblätter liegen im Kreise $\frac{a}{2}$, die das Fruchtfleisch durchziehenden fadenförmigen Gebilde im Kreise b.

Fig. 19. Der Maiskolben ist $2R$ lang, b dick. Die Bastardierung erfolgte zwischen einem runzeligen und glatten, daher das verschiedene Aussehen der Samen.

Fig. 20. Die Frucht des Kakaobaumes ist fleischig. Ihre Länge ist 2 *R*, ihre Breite *b*.

Auch hier: Die Früchte und Samen der Pflanzen sind wie die Blüten und Blätter harmonisch gebaut.

Das Tierreich.

Aus der großen Menge der Formen des Tierreichs werden wie im Pflanzenreich nur einige Vertreter als «Beispiele» erwähnt, die mit Ausnahme der Weichtiere und Würmer aus den übrigen fünf Tierstämmen: Urtiere, Pflanzentiere, Stachelhäuter, Gliederfüßler und Wirbeltiere, gewählt sind.

1. Die Urtiere (Tafel XIV, XV und XVI)

sind einzellige Organismen von geringer Größe, meist nur unter dem Mikroskop sichtbar. Sie leben im Süßwasser, im Meere, manche an feuchten Orten.

Tafel XIV.

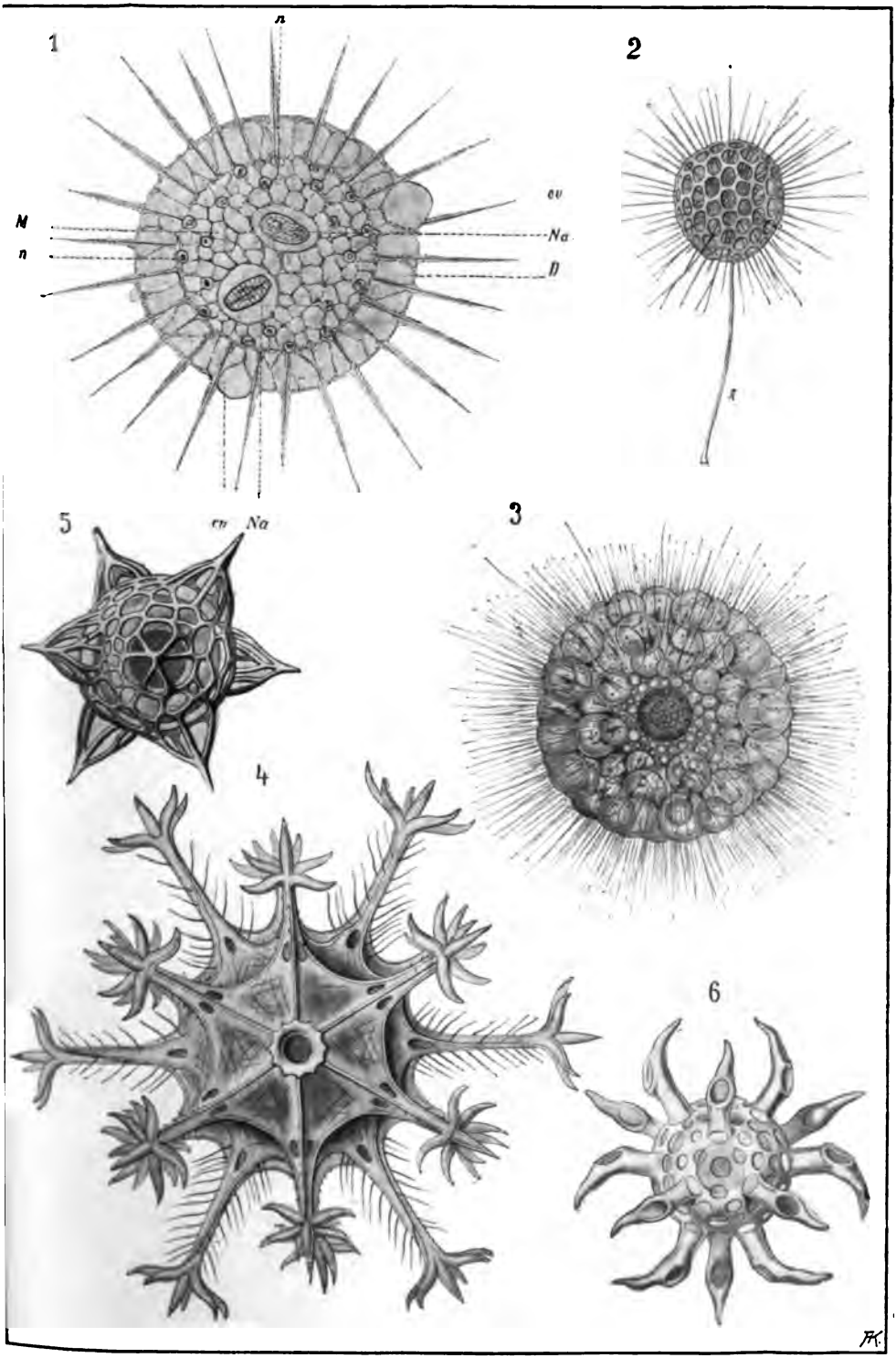
Fig. 1. *Actinosphaerium Eichhorni* ist eines der schönsten Urtiere des süßen Wassers. Die Scheinfüßchen reichen bis zum harmonischen Kreise, die Rindenschicht mit den zusammenziehbaren Vakuolen liegt innerhalb der Kreise $\frac{a}{2}$ und *b*. In der Marksubstanz innerhalb des Kreises $\frac{a}{2}$ liegen die Nahrungskörper *(Na)* und die Kerne.

Fig. 2. *Clathrulina elegans*. Der kugelförmige Körper ist von einem gitterartigen Kieselskelett umschlossen, das auf einem Stiel sitzt.

Tafel XIV: **Urtiere.**

Fig. 1. *Actinosphaerium Eichhorni*. *M* = Marksubstanz mit Kernen *(n)*, *D* = Rindensubstanz mit zusammenziehbaren Vakuolen *c v*, *Na* = Nahrungskörper, vergrößert.
» 2. *Clathrulina elegans* mit ausgestreckten Scheinfüßchen, vergrößert.
» 3. *Thalassicolla pelagica*.
» 4. *Circostephanus coronarius*.
» 5. *Acrosphaera inflata*.
» 6. *Mazosphaera lagotis*.

Fig. 1, 2 nach Hertwig. Lehrbuch der Zoologie, S. 161, 162.
» 4, 5, 6 nach E. Haeckel, Kunstformen der Natur, Taf. I, Fig. 2; Taf. LI, Fig. 8; Taf. LI, Fig. 9.
» 3 nach E. Haeckel in Claus, Lehrbuch der Zoologie.


1
n
M
n
ev
Na
D
2
x
5
ev
Na
3
4
6

Das Kieselskelett wird vom Kreise $\frac{a}{2}$ umschlossen, die Scheinfüßchen reichen bis zum harmonischen Kreise.

Fig. 3. *Thalassicolla pelagica.* Die Zentralkapsel in der Mitte (dunkler Teil) wird von einem Weichkörper umgeben — im Kreise *b* gelegen — in dem wasserhelle dünne Blasen zwischen den ausstrahlenden Scheinfüßchen eingelagert sind.

Fig. 4. *Circostephanus coronarius.* Der Körper des im Meere lebenden Urtieres ist einzellig. Die Schale hat die Form eines vielseitigen geometrischen Körpers, dessen Ecken sämtlich in eine Kugelfläche fallen. Die dreieckigen Flächen sind vertieft und durch erhabene Leisten getrennt. Aus den pyramidalen Ecken erheben sich hohle Radialstacheln mit gedrehten Kanten, besetzt mit Kieselwimpern. In der Mitte ist die größere von Zähnen umgebene Mündung der Schale sichtbar, *r* im Durchmesser. Die Radialstacheln reichen vom Kreise $\frac{a}{2}$ bis zum harmonischen Kreise.

Fig. 5. *Acrosphaera inflata.* Aus der gegitterten kugeligen Kieselschale erheben sich mehrere pyramidenförmige Fortsätze mit radialem Gipfelstachel von *r* Länge.

Fig. 6. *Mazosphaera lagotis.* Aus der gegitterten, kugeligen Kieselschale — *a* im Durchmesser — erheben sich viele radiale Röhren, jede mit einer seitlichen Öffnung und einem gekrümmten Spitzenfortsatz, ähnlich einem Hasenohr.

Tafel XV.

Fig. 1. *Hexancistra quadricuspis.* Die Gitterschale besteht aus zwei konzentrischen Kugeln, — mit den Durchmessern $\frac{R}{4}$ und *a*, — welche durch sechs starke gleichgroße Radialstacheln zusammenhängen. Diese endigen in eine Spitze und drei gekrümmte Seitenäste.

Fig. 2. *Diporaspis nephropora.* Die Oberfläche der kugeligen Schale — 2 *b* im Durchmesser — ist mit gabelförmigen Breitstacheln bedeckt. In der Mitte ist die Öffnung eines Stachels zu sehen, der am Grunde von zwei nierenförmigen und sechs kleinen runden Poren umgeben ist.

Fig. 3. *Trochodiscus stellaris.* Die Gitterschale — $2 \cdot b$ im Durchmesser — ist linsenförmig und hat (in der Äquatorialgegend) einen breiten Strahlengürtel, der in zwölf dreieckige Zacken ausläuft und als Schwebeapparat fungiert. Er reicht bis zum harmonischen Kreise.

UNIV. OF MICH.

Fig. 4. *Dorataspis typica.* Die kugelige gegitterte Schale hat einen Durchmesser von 2 *b*, die Stacheln reichen bis zum harmonischen Kreise wie bei Fig. 2.

Fig. 5. *Lychnaspis miranda.* Die kugelige, gegitterte Schale hat einen Durchmesser von *a*. In der Mitte liegt eine vierlappige Öffnung, *r* im Durchmesser, durch die man die Radialstacheln (20) sieht. Zahlreiche zickzackförmige gebogene Beistacheln laufen parallel den 20 Radialstacheln.

Tafel XVI.

Fig. 1. *Dicranastrum furcatum.* Der flache Körper besteht aus vier kreuzständigen Armen, die außen gabelspaltig sind, und einem mittleren Teil, *b* im Durchmesser, Die Arme reichen bis zum harmonischen Kreise, die Gabelung beginnt im *b* Kreis.

Fig. 2. *Heliodrymus dendrocyclus.* Vom linsenförmigen Zentrum — *a* im Durchmesser — gehen zahlreiche sich verästelnde Kieselstacheln aus, welche bis zum harmonischen Kreise reichen. Der dunkle Zellkern in der Mitte ist rot und hat einen Durchmesser von *r*.

Fig. 3. *Heliodiscus glyphodon.* Von der linsenförmigen Scheibe — *a* im Durchmesser — gehen acht gefurchte, gleich verteilte Randstacheln aus.

Fig. 4. *Rhopalastrum trispinosum.* Das scheibenförmige Zentrum hat einen Durchmesser von *b*, die drei scheibenförmigen Teile einen von $\frac{a}{2}$, die Länge der Stacheln ist $\frac{b}{2}$.

Tafel XV: Urtiere.

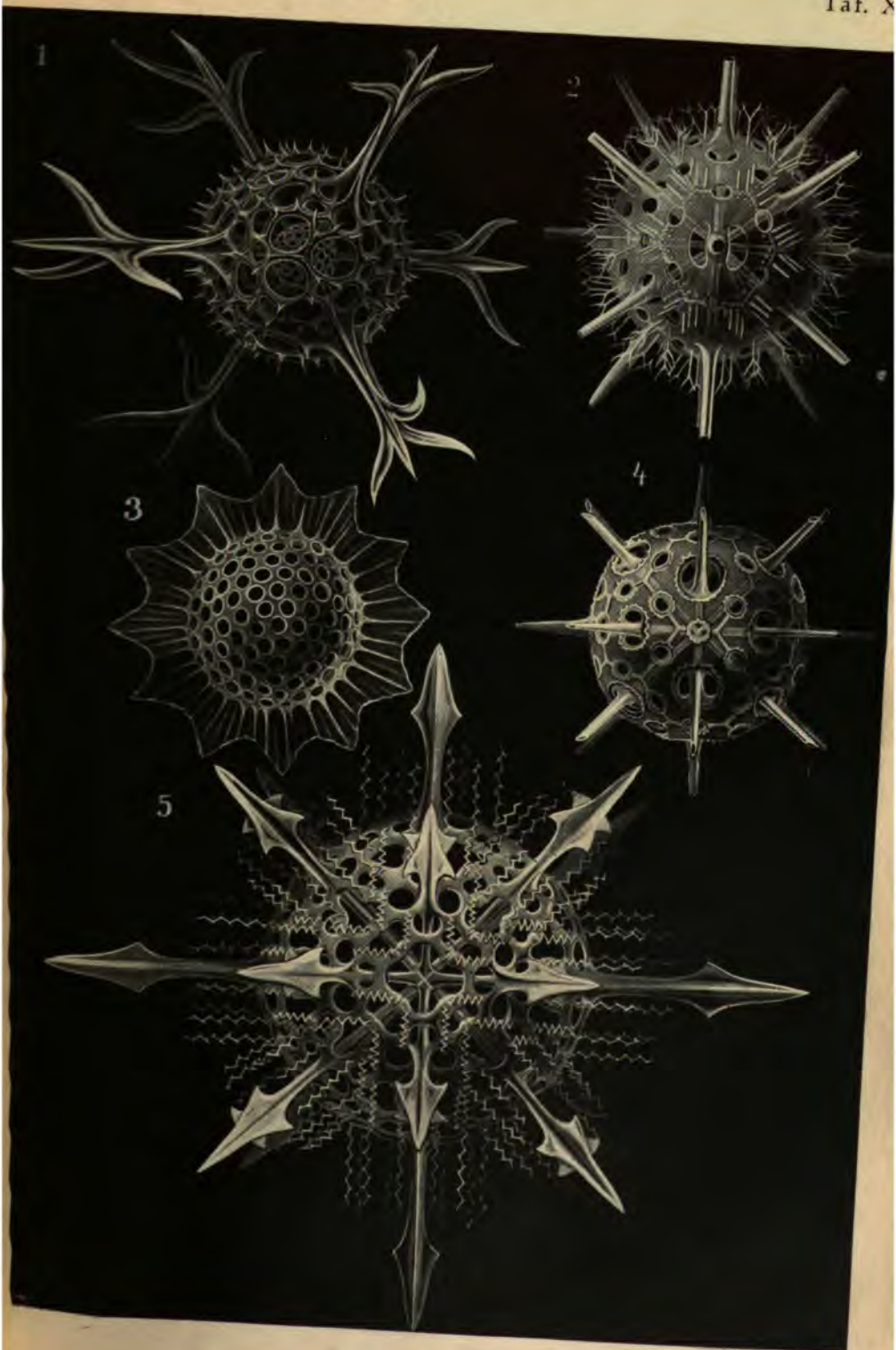
Fig. 1. *Hexancistra quadricuspis.* Fig. 3. *Trochodiscus stellaris.*
» 2. *Diporaspis nephropora.* » 4. *Dorataspis typica.*
Fig. 5. *Lychnaspis miranda.*

Alle Figuren nach E. Haeckel, Kunstformen der Natur, Taf. XCI, Taf. XLI.

Tafel XVI: Urtiere.

Fig. 1. *Dicranastrum furcatum.* Fig. 4. *Rhopalastrum trispinosum.*
» 2. *Heliodrymus dendrocyclus.* » 5. *Hexinastrum geryonidum.*
» 3. *Heliodiscus glyphodon.* » 6. *Pentinastrum asteriscus.*
Fig. 7. *Stephanastrum quadratum.*

Alle Figuren nach E. Haeckel, Kunstformen der Natur, Taf. XI.


1
2
3
4
5

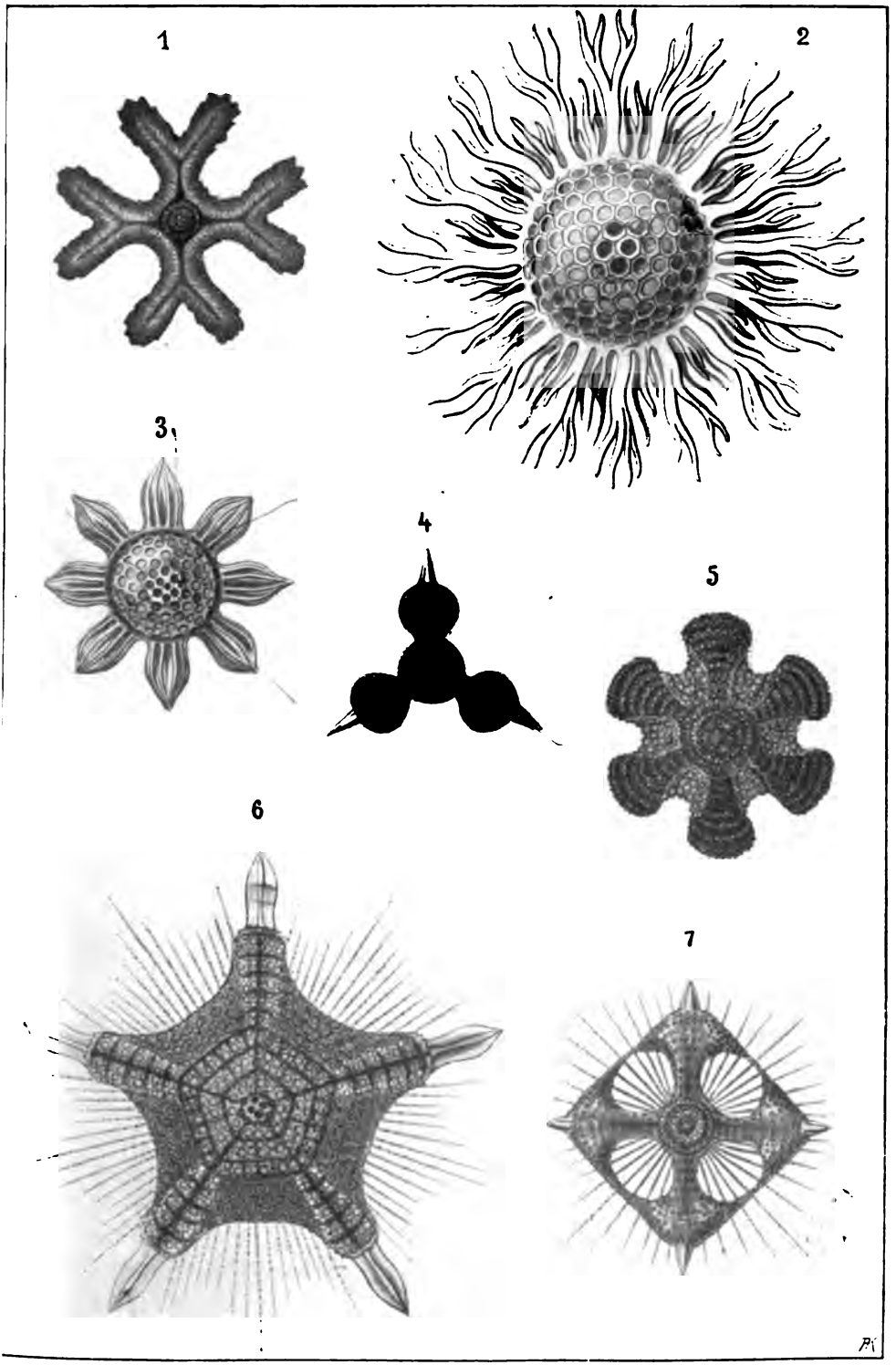

1
2
3
4
5
6
7

Fig. 5. *Hexinastrum geryonidum* ist scheibenförmig regelmäßig sechsarmig; die Arme sind durch eine Schwimmhaut verbunden, die bis zum Kreise *b* reicht. Die Breite der Arme ist *b*.

Fig. 6. *Pentinastrum astriscus* ist scheibenförmig und hat zwischen den fünf am Ende dolchförmigen Armen eine Schwimmhaut von Filigranwerk — beim Kreise $\frac{b}{2}$ beginnend. — Die strahlenförmigen feinen Scheinfüßchen reichen teilweise wie die Arme bis zum harmonischen Kreise.

Fig. 7. *Stephanastrum quadratum* besteht aus einer Scheibe mit vier kreuzständigen Armen, deren Flügel sich zu einem Kranze verbinden. Der Bau ist wie der aller übrigen Urtiere ein harmonischer.

2. Pflanzentiere *(Coelenterata)* (Tafel XVII),

meist wie die Pflanzen auf dem Boden festgewachsen, bilden busch- oder rasenartige Kolonien. Die Ähnlichkeit mit Pflanzen ist nur äußerlich, ihre Zugehörigkeit zum Tierreich ist unzweifelhaft. Zu den Pflanzentieren zählen die Schwämme, Korallen, Quallen, Medusen.

Fig. 1. *Stephanophyllia complicata,* eine Tiefseekoralle; die Weichteile sind entfernt, das Kalkgerüst ist regelmäßig sechsstrahlig und harmonisch gebaut. Die Korallen bilden durch ihre Skelette große Mengen von kohlensaurem Kalk, gewaltige Korallenriffe, die aus dem Meeresgrunde emporwachsen und kleine Inseln bilden.

Fig. 2. *Heliactis bellis,* eine Seeanemone, von oben gesehen. Der Körper ist weich muskulös, prachtvoll gefärbt. Die roten Tentakeln reichen vom Kreise $\frac{a}{2}$ bis zum harmonischen Kreise.

Fig. 3. Das Kalkskelett dieser fossilen Koralle hat sechs gabelförmige Äste. Ihr Bau ist harmonisch.

Fig. 4. Die Ansicht eines Stockes einer Staatsqualle von unten zeigt in der Mitte den achtlappigen Mund — $2r$ im Durchmesser — umgeben von acht roten Geschlechtsindividuen, bis zum Kreise $\frac{a}{2}$ reichend, welche zahlreiche Eierglocken tragen. Nach außen bis zum harmonischen Kreise ragen acht strahlige Bündel von blauen Fangfäden oder Tentakeln, jeder mit drei Reihen kugelförmiger Nesselknöpfe bewaffnet.

Fig. 5. Die Ansicht eines Stockes einer Staatsqualle von oben zeigt in der Mitte des Schirmes — *a* im Durchmesser — eine kreis-

runde gelbliche, mit Luft gefüllte Schwimmblase, die kein harmonisches Maß aufweist. Die Fangfäden reichen bis zum harmonischen Kreis.

3. Die Stachelhäuter *(Echinodermen)*

erinnern durch ihren strahligen Bau an die Pflanzentiere. Die stachelige Beschaffenheit der Haut verleiht ihnen ein charakteristisches Aussehen.

Fig. 6. Tafel XVII ein Seestern, *Pteraster stellifer*, aus dem pazifischen Ozean. Die obere Hälfte zeigt die stachelige Rückenfläche, die untere die Bauchseite. Der Bau ist harmonisch.

4. Gliederfüßler.

Aus diesem Tierstamm werden nur die Insekten *(Hexapoden)* Tafel XVIII, XIX und XX erwähnt. Die formenreiche Organismengruppe — man kennt bis jetzt nicht weniger als 250.000 Arten — zerfällt in mehrere Ordnungen, von denen die Schmetterlinge und Käfer die bekanntesten sind.

Tafel XVII: **Pflanzentiere** (Coelenterata) Fig. 1—5,
Stachelhäuter (Echinodermen), Fig. 6.

Fig. 1. Skelett von *Stephanophyllia complicata*, eine Tiefseekoralle.
» 2. *Heliactis bellis*, eine Seeanemone.
» 3. *Stephanophyllia elegans*, eine fossile Koralle.
» 4. Ansicht von unten eines Stockes einer Staatsqualle, *Disconalia gastroblasta*.
» 5. Ansicht von oben eines Stockes einer Staatsqualle, *Porpalia prunella*.
» 6. *Pteraster stellifer*, ein pazifischer Seestern.

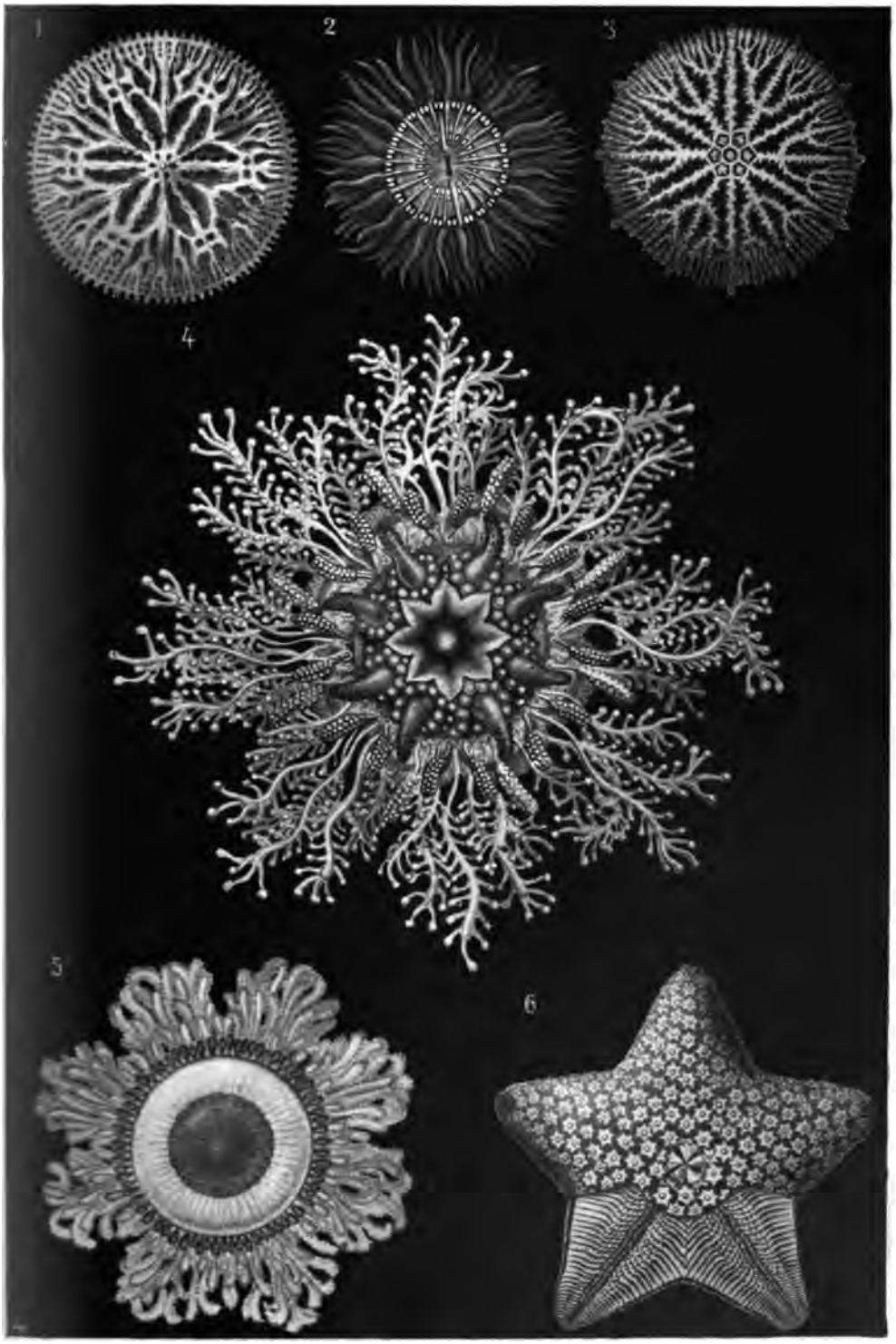
Alle Figuren etwas verkleinert nach E. Haeckel, Kunstformen der Natur, Taf. IX, XVII, XLIX, XL.

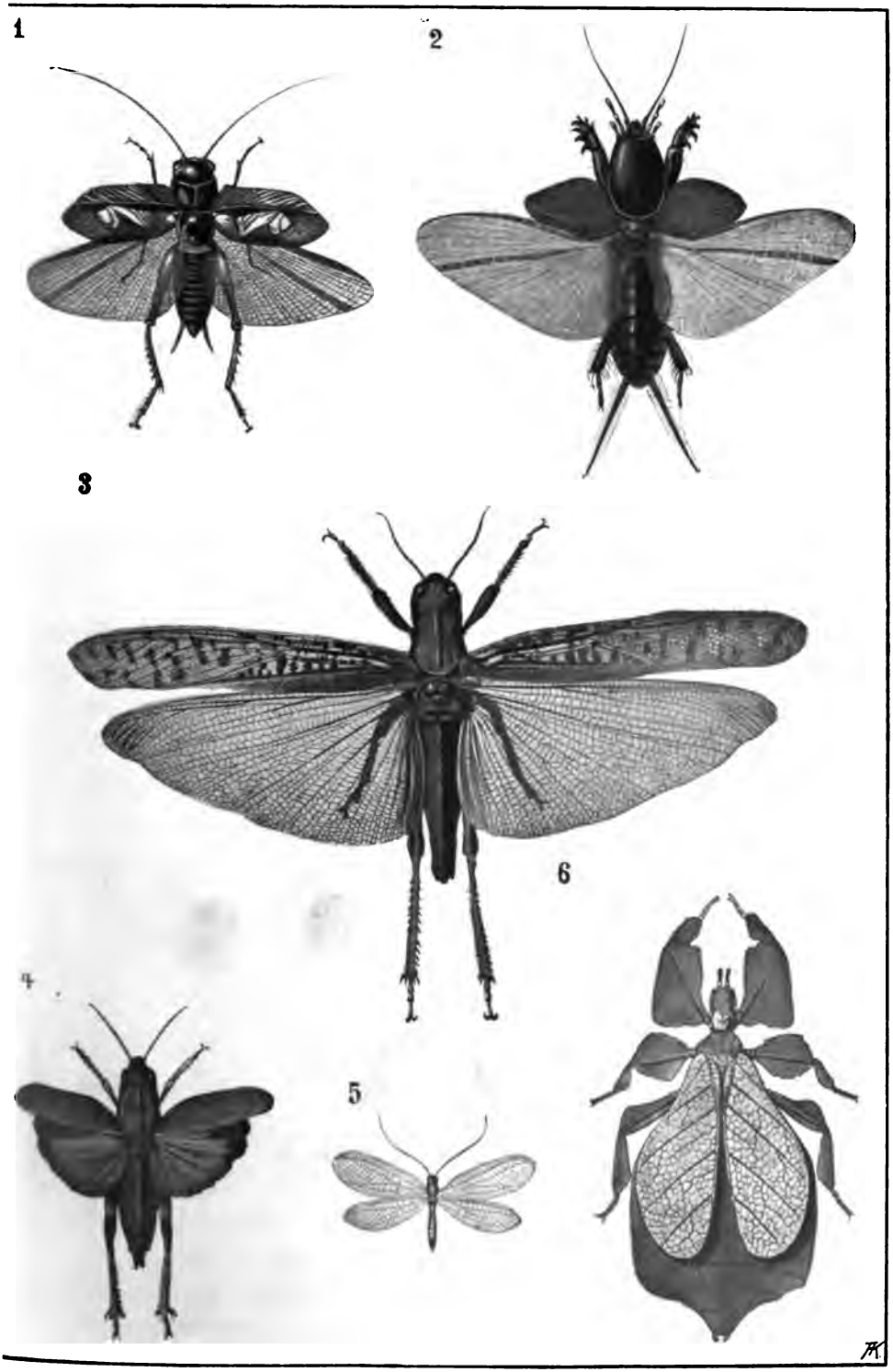
Tafel XVIII: **Insekten.**

Fig. 1. Feldgrille *(Gryllus campestris)*.
» 2. Maulwurfsgrille *(Gryllotalpa vulgaris)*.
» 3. Wanderheuschrecke *(Pachytylus migratorius)*.
» 4. Rotflügelige Heuschrecke *(Oedipoda stridula)*.
» 5. Florfliege *(Chrysopa perla)*.
» 6. Das wandelnde Blatt *(Phyllium pulchrifolium)*.

Alle Figuren nat. Größe.

Fig. 1—6 nach Claus-Grobben, Lehrbuch der Zoologie.
» 2, 3, 4, 5 nach J. T. C. Ratzeburg, Die Forstinsekten, III. Bd., 1844.


1
2
3
4
5
6


1
2
3
4
5
6

UNIV. OF MICH

Tafel XVIII.

Fig. 1, 2, 3, 4 und 6 sind Geradeflügler, Fig. 5 ein Netzflügler.

Fig. 1. Die Feldgrille. Ihr Körper ist a lang, der Kopf $\frac{r}{2}$, der erste Brustabschnitt r, der zweite und dritte Brustabschnitt r, der Hinterleib $\frac{a}{2}$ lang. Die Fühler a, die borstenförmigen Anhänge am Hinterleib r, die Vorderflügel b, die Hinterflügel a lang. Die Breitenverhältnisse, die Beine, die Konturlinie sind harmonisch.

Fig. 2. Die Maulwurfsgrille hat einen rot- bis graubraunen samtartigen Körper, $2\,b$ lang. Fühler sind $\frac{R}{2}$ lang, der erste Brustabschnitt ist eiförmig, $\frac{a}{2}$ lang, $\frac{R}{4}$ breit, der zweite und der dritte Brustabschnitt sind r lang. Der Hinterleib trägt zwei zum Tasten dienende, mit Dörnchen besetzte Borsten, $\frac{R}{2}$ lang. Die dreieckigen, hornfarbenen, schwarz geaderten Vorderflügel sind $\frac{a}{2}$ lang; die Hinterflügel sind doppelt so lang und überragen den Hinterleib. Die Vorderbeine sind zum graben eingerichtet und kräftig gebaut.

Fig. 3. Die Wanderheuschrecke ist bekanntlich wegen ihres zeitweiligen massenhaften Auftretens ein gefürchteter Schädling der Getreidefelder. Der seitlich zusammengedrückte Körper ist $b + r$ lang, der Kopf $\frac{r}{2}$, der erste Brustabschnitt r, der Hinterleib $\frac{a}{2}$ lang. Die glashellen Flügel sind a und $b + r$ lang.

Fig. 4. Die rotflügelige Heuschrecke ist eine der gemeinsten Arten in Europa, die durch den laut schnarrenden Flug und die roten Flügel leicht kenntlich ist. Der Bau ist harmonisch.

Fig. 5. Die Florfliege, ein Netzflügler, ist fast ganz hell gelbgrün. Die Größenverhältnisse sind durch R, a, $\frac{a}{2}$, $\frac{b}{2}$, $2\,r$ gegeben.

Fig. 6. Das wandelnde Blatt, wegen seiner, ein Blatt nachahmenden Gestalt so genannt. Der Hinterleib ist sehr groß, $2\,b$ lang, $b + r$ breit. Die Beine sind flach gedrückt. Der Körper ist wie der der anderen Geradflügler in allen Teilen harmonisch.

Tafel XIX.

Fig. 1. Eine fossile Wasserjungfer (Urflügler) aus dem Solnhofener lithographischen Schiefer, welcher der Juraformation angehört.

Das zarte Flügelgeäder ist mit großer Klarheit erkennbar. Die Flügel sind a, $b + r$, der Hinterleib a lang.

Fig. 2. Die Wasserjungfer hat am Grunde der vier großen netzförmig gegitterten Flügel schwarzbraune Flecke. Der Bau ist ebenso harmonisch wie Fig. 1.

Fig. 3, 4 und 5. Die Honigbienen sind Hautflügler. Königin, Drohne und Arbeiterin haben verhältnismäßig gleiche Flügellängen, a, b, Körperlängen und Breiten sind verschieden.

Fig. 6. Die Hornis ist eine der größten Hautflügler. Flügellängen wieder a und b.

Fig. 7, 8 und 9. Große Waldameisen. Wie bei den Honigbienen ist auch bei in Gesellschaft lebenden Ameisen eine weitere Differenzierung in Arbeitstiere eingetreten, welche aber flügellos sind. Der Hinterleib der Arbeitsameise ist d, Kopf und Brust a.

Fig. 10. Der krummzähnige Tannenborkenkäfer, einer der größten Schädlinge des Waldes. Die Länge der Flügeldecken ist $2\,b$, der Brust und des Kopfes a.

Fig. 11. Die Rüsselkäfer haben einen verlängerten Vorderkopf; er ist $\frac{a}{2}$ lang; die Brust ist $2\,r$, die Flügeldecke R lang.

Tafel XIX: Insekten.

Fig. 1. Wasserjungfer *(Petalia longialata)*, fossil.
» 2. Wasserjungfer *(Libellula quadrimaculata)*, verkleinert.
» 3–5. Honigbiene *(Apis mellifica)*, verkleinert; Fig. 3 Drohne, 4 Königin, 5 Arbeiterin.
» 6. Horniß *(Vespa crabro)*, verkleinert.
» 7–9. Große Waldameise *(Formica herculanea)*, verkleinert; Fig. 7 Weibchen, 8 Männchen, 9 Arbeiterin.
» 10. Krummzähniger Tannen-Borkenkäfer *(Bostrichus curvidens)*, Weibchen, vergrößert.
» 11. Kirschen-Rüsselkäfer *(Curculio druparum)*, stark vergrößert.
» 12. Fleischfliege *(Sarcophaga carnaria)*.
» 13. Maikäfer *(Melolontha vulgaris)*, verkleinert.
» 14. Landwanze *(Cimex rufipes)* in Flugstellung, verkleinert.
» 15. Kiefern-Harzgallmücke *(Cecidomyia Pini)*.
» 16. Riesenholzwespe *(Sirex gigas)*, verkleinert.
» 17. Der Moschusbock *(Aromia moschata)*, verkleinert.
» 18. Rote Fichtenrindenlaus *(Chermes coccineus)*, vergrößert.
» 19. Roter Pappel-Blattkäfer *(Chrysomela tremulae)*, verkleinert.
» 20. Singzikade *(Cicada orni)*, verkleinert.

Fig 1 nach Zittel in M. Neumayr, Erdgeschichte, II., S. 225.
» 2, 6, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 nach J. T. C. Ratzeburg, Die Forstinsekten.
» 3, 4, 5, 7, 8, 9. nach Claus-Grobben, Lehrbuch der Zoologie.
» 12 nach der Natur.

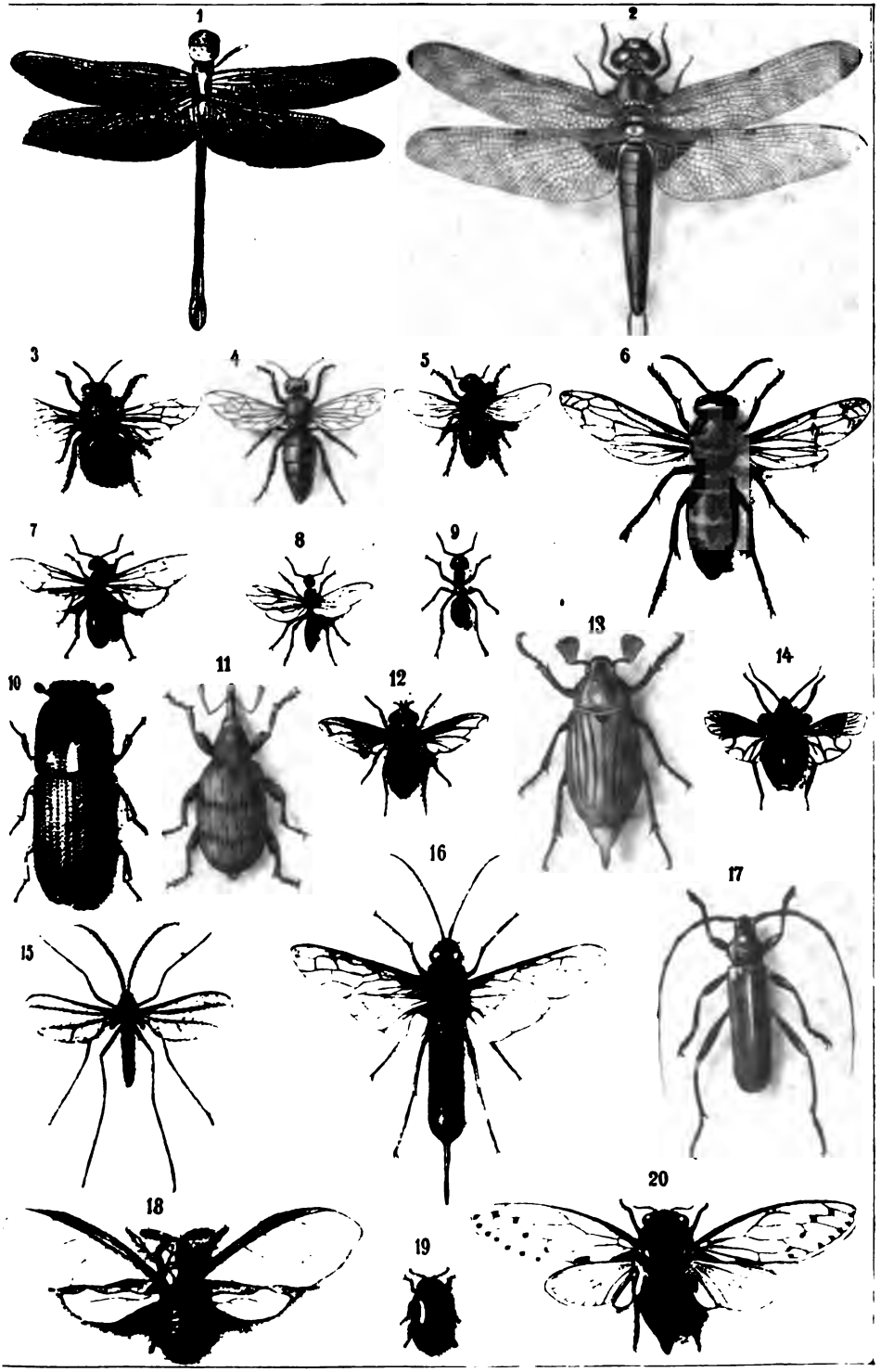

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

Fig. 12. Die Fleischfliege, zu den Zweiflüglern gehörig, hat bei einer Körperlänge von *R* eine Flügellänge von *a*.

Fig. 13. Der Maikäfer ist 2*a* lang, die Flügeldecken sind halb so lang, die Breite des Hinterleibes *b*.

Fig. 14. Die Cicadenlandwanze, zu den Schnabelkäfern gehörig, ist *a* lang; die Flügel sind ebenfalls *a*, die Breite des Hinterleibes ist *b*.

Fig. 15. Die Kiefernharzgallmücke, ein Zweiflügler, lebt nur auf Kiefern. Körper, Flügel, die sehr langen Beine und Fühler sind harmonisch.

Fig. 16. Die Riesenholzwespe hat wie die anderen Hautflügler (Wespen und Bienen) harmonischen Bau.

Fig. 17. Der Moschusbock hat Fühler, welche die Körperlänge von 2 *R* übertreffen.

Fig. 18. Die rote Fichtenrindenlaus, zu den Schnabelkäfern gehörig, verursacht auf Fichtentrieben Gallen, welche kleinen Fichtenzapfen ähnlich sind. Körperlänge *b*. Flügellänge *a* und $\frac{R}{2}$.

F. 19. Der rote Pappelblattkäfer ist wie die übrigen Käfer harmonisch gebaut.

Fig. 20. Die Singzikade, in Südeuropa einheimisch. Zu den Schnabelkäfern gehörig wie Fig. 14 und 18, hat bei einer Körperlänge von *b* eine Flügellänge von *a* und $\frac{R}{2}$.

Die Schmetterlinge (Tafel XX) bilden unter den Insekten eine scharf umschriebene Gruppe. Die vier Flügel sind mit meist prächtig gefärbten Schuppen bedeckt, die dachziegelartig übereinanderliegen.

Fig. 1, 2 und 3. Der Trauermantel, der Schwalbenschwanz und der Distelfalter gehören zu den Tagfaltern. Die Körperlänge ist *b*, die Flügellänge *R* und *b*.

Fig. 4. Der Wolfsmilchschwärmer, der Familie der Schwärmer angehörig, hat ganz andere Größenverhältnisse, Körperlänge *a*, Flügellänge *a*, $\frac{R}{2}$.

Fig. 5. Die Kupferglucke ist dem vorhergehenden etwas ähnlich, die Hinterflügel sind *b* lang.

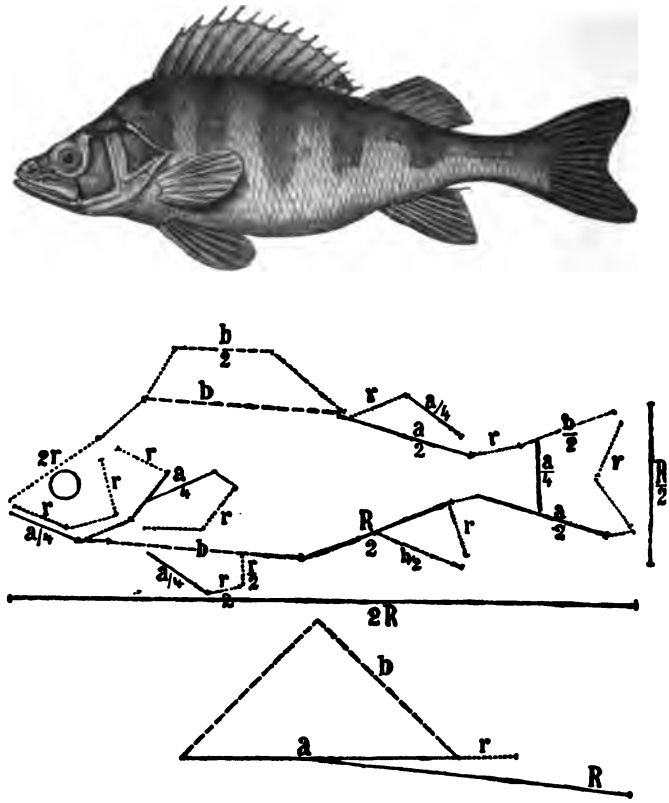
Fig. 6 und 7 sind Kleinschmetterlinge. Der Heu- oder Sauerwurm, ein gefährlicher Feind den Weinstöcke, der Gartenrosenwickler, ein Schädling der Rosen.

Fig. 8 und 9. Das Widderchen und der Blutfleck gehören wie Fig. 5 zu den Spinnern. Der Körper ist *a* lang, die Flügel *a*, *b* und $\frac{a}{2}$.

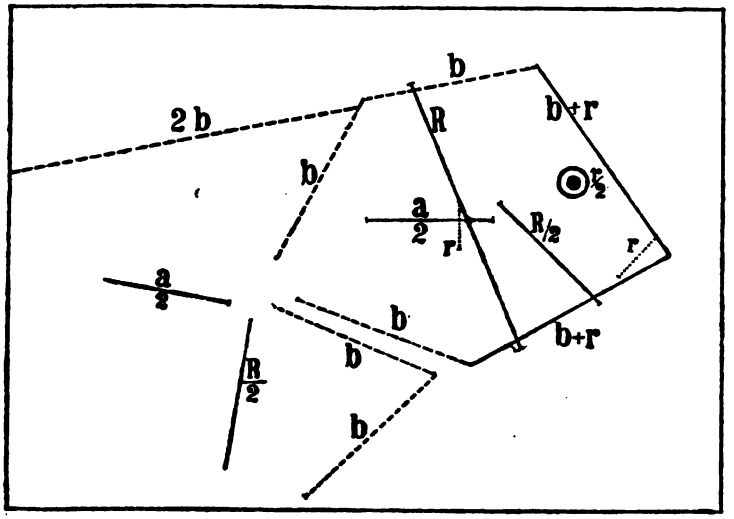
Fig. 10 und 11 sind zwei Vertreter der Bärenspinner. Sie haben nicht nur harmonische Größenverhältnisse und Konturlinien wie die anderen Schmetterlinge, sondern auch in der Zeichnung der Flügel sind harmonische Masse vorhanden.

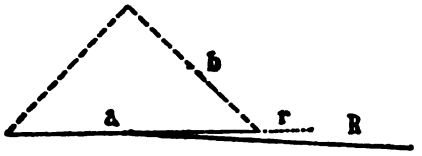
5. Wirbeltiere (Tafel XXI, XXII und XXIII).

Die größten Land- und Meerestiere gehören dem Stamme der Wirbeltiere an. Es ist ein gewaltiger Sprung von dem einzelligen



Abbild. 17. Flußbarsch, aus Claus-Grobben, Lehrbuch der Zoologie, und nach dem harm. Dreieck.





Abbild. 18. Mondfisch, nach Meerwarth, Photographische Naturstudien, und nach dem harm. Dreieck.

Organismus zum empfindlichen Räderwerk des Wirbeltierkörpers, eine große Kluft im Aufbau, im Aussehen, in der Ernährung und doch eine Einheit in dem Verhältnis des Ganzen zu den einzelnen Teilen, dieselbe Harmonie. Sie zerfallen in fünf größere Gruppen: Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere. Im folgenden werden nur Beispiele aus der Gruppe der Fische und Säugetiere angeführt.

Fische sind im Wasser lebende, beschuppte Kaltblüter. Ihre Gestalt ist im allgemeinen spindelförmig. Abbildung 17 zeigt eine typische Fischform. Die Länge des Körpers ist 2 R, seine Höhe $\frac{R}{2}$. Die Umrißlinien und die Flossen sind harmonisch.

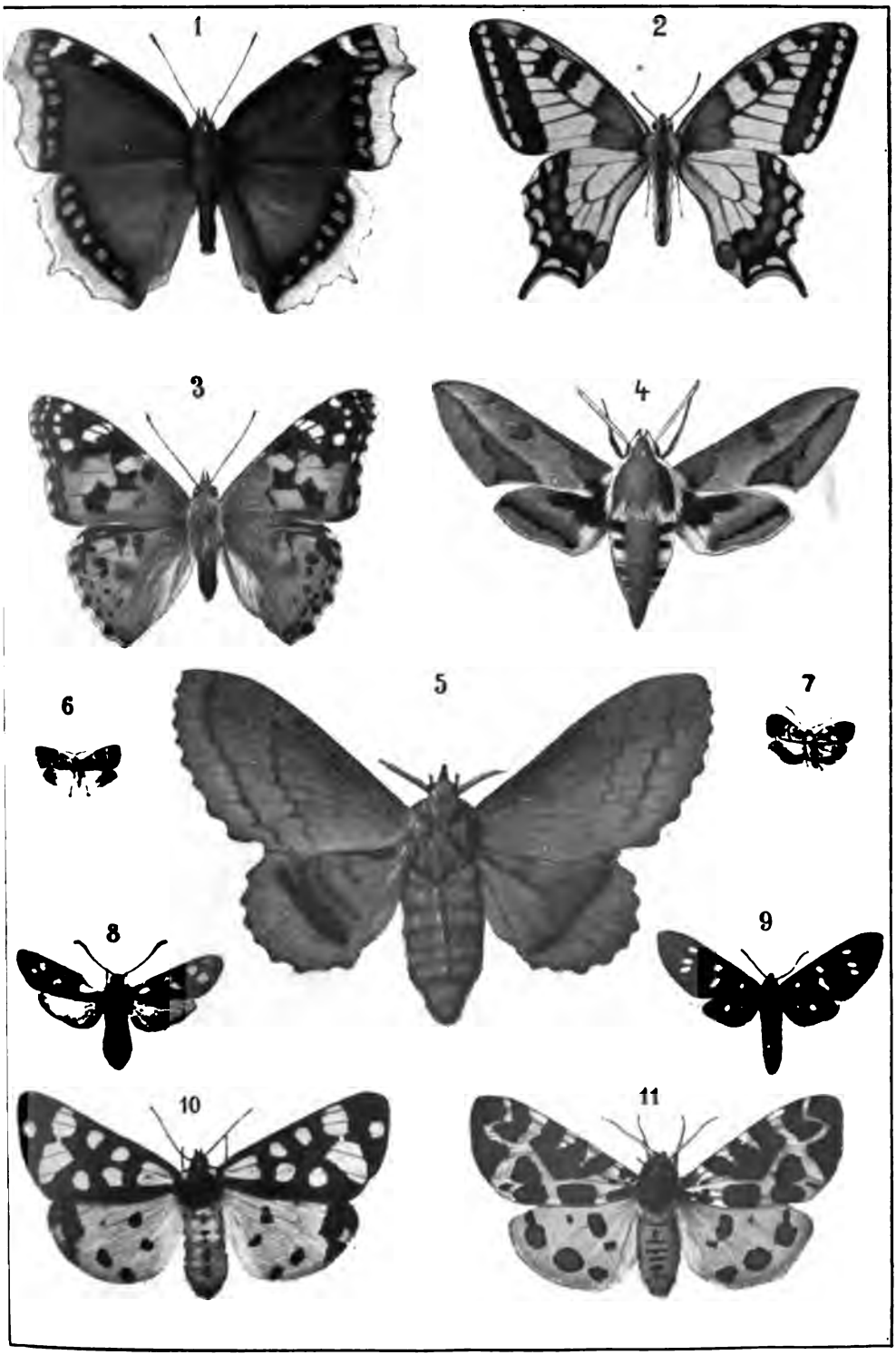
Die vorstehende Abbildung (18), der Mondfisch, zeigt trotz der Abweichung von der typischen Fischgestalt ebenfalls harmonische Masse.

Pferde (Tafel XXI).

Das Pferd ist über die ganze Erde in einer großen Anzahl von Rassen verbreitet, von denen auf Tafel XXI einige Vertreter abgebildet sind, um die Harmonie im Aufbau des Körpers und die Verhältnisse der Körperteile zueinander zu zeigen. Die Bestimmung der Größenverhältnisse der einzelnen Körperteile zueinander und zum Ganzen ist für Pferdezüchter und -kenner von Wichtigkeit und, da sie auch für die Schönheit des Pferdes maßgebend ist, öfters erörtert worden.

Tafel XX: **Insekten** (Schmetterlinge).

Fig. 1. Trauermantel *(Vanessa antiopa).*
» 2. Schwalbenschwanz *(Papilio machaon).*
» 3. Distelfalter *(Pyraneis cardui).*
» 4. Wolfsmilchschwärmer *(Deilephila euphorbiae).*
» 5. Kupferglucke *(Gastropacha quercifolia).*
» 6. Heu- oder Sauerwurm *(Tortrix ambiguella).*
» 7. Gartenrosenwickler *(Tortrix forskaleana).*
» 8. Blutfleck *(Zygaena filipendulae).*
» 9. Widderchen *(Syntomis phegea).*
» 10. Schwarzer Bär *(Arctia villica).*
» 11. Brauner Bär *(Arctia caja).*


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

UNIV. OF MICH.

Der Maler und Pferdekenner Adolf Hess[1]) sagt über die Schönheit der Pferde folgendes: «Die erste Bedingung zur Schönheit ist das richtige Verhältnis. Verhältnis eines Körpers aber heißt, daß die Teile, aus denen er zusammengesetzt ist, eine Übereinstimmung haben. Ist diese Übereinstimmung der Teile untereinander und zum Ganzen streng, d. h. hat jeder Teil eine gewisse Länge, Breite und Dicke, die er in Verbindung mit den anderen zum gemeinschaftlichen Eingreifen und Einwirken in das Ganze besitzen soll, so nennt man das Verhältnis richtig; schön kann man es dagegen nicht immer nennen, weil auch bei der größten Harmonie der Teile der angenehme Eindruck auf unsere Sinne, der uns das Geständnis der Schönheit gleichsam abnötigt, noch nicht hervorgebracht wird. Nach den Grundsätzen der meisten soll freilich die Schönheit bloß aus dem Verhältnis hervorgehen, aber so lange letzteres nicht von schönen Formen überkleidet ist, wird es uns bei genauer Besichtigung befriedigen, aber nicht ansprechen.» Ohne auf den Begriff der Schönheit hier näher einzugehen, sei erwähnt, daß die Größenverhältnisse harmonisch sein müssen, die durch die irrationalen Zahlen $\sqrt{5}$, $\sqrt{2}$, $\sqrt{2}-1$ auszudrücken sind. Je einfacher die Größenverhältnisse wie $\sqrt{5}:\sqrt{2}:1:\frac{\sqrt{2}}{2}$ sind, je einfacher die Linien sind, um so eher fällt die Schönheit der Formen ins Auge. Sind die Größenverhältnisse von den einfachen abgeleitete, wie $\sqrt{5}-1:\sqrt{2}-1:\sqrt{5}+1$, so wird die Form nicht wie ausgesprochen schön empfunden, sie befriedigt nur.

Der Einblick in den harmonischen Bau der Pferde wird gewonnen, indem das Pferd in der Seitenansicht von einen Kreis umschlossen wird, der bei gewöhnlicher Stellung die Nase und den Huf des Hinterfußes berührt, oder indem man die Kopflänge als $\frac{a}{2}$ annimmt. Die Widerristhöhe ist dann $2\,b$ oder $2\,d$.

Tafel XXI.

Fig. 1. Das Lofotenpferd gehört zur Fjordrasse und ist heute ausgestorben. Es war äußerst anspruchslos und soll auf den Lofoten das ganze Jahr im Freien gelebt haben. Sein Kopf ist im Verhältnis zur Körpergröße länger als bei anderen Pferderassen, soweit nach den Abbildungen zu urteilen ist. Die Länge des Kopfes ist b, die Widerristhöhe $2\,b$, die Rückenlänge a, die Rumpflänge $2\,b$.

---

[1]) Neue Beobachtungen über das orientalische Pferd und seine Anverwandten. Prag 1832, zitiert nach Schwarzenecker, Pferdezucht.

Fig. 2. Hengst der veredelten Fjordrasse. Während das Fjordpferd in der primitivsten Form selten eine Höhe von 133 cm erreicht, hat das veredelte Fjordpferd eine durchschnittliche Höhe von 144 cm. Es ist auch breiter, muskulöser und hat überhaupt einen schöneren Bau als seine noch im Urzustande lebenden Stammgenossen. Der dadurch bedingte höhere Gebrauchswert hat sich nicht etwa durch Kreuzung mit ausländischen Pferderassen, sondern ausschließlich durch sorgfältige Auslese herausgebildet. Die Schönheit der Gestalt zeigt sich auch in den harmonischen Größenverhältnissen.

Fig. 3. Das Wildpferd ist in der zentralasiatischen Wüste Gobi zu Hause, die Kopflänge ist $\frac{a}{2}$, die Widerristhöhe $2\,d$.

Fig. 4. Englischer Vollbluthengst in Rennkondition. Das englische Vollblutpferd, eines der edelsten Pferde, führt diesen Namen mit Unrecht, denn es ist kein reinblütiges, wie vielfach behauptet wird, sondern nach Schwarzenecker ein durch Erziehung verändertes und umgestaltetes orientalisches Tier mit einer, wenn auch verhältnismäßig unbedeutenden Beimischung nordischen Blutes. Es muß in dem General-Studbook eingetragen sein und darf nur innerhalb der in diesem Buche verzeichneten Adelsgeschlechter gepaart werden, wenn es seine Nachkommenschaft ebenbürtig erhalten soll. Die Kopflänge ist $\frac{a}{2}$, die Widerristhöhe $2\,b$, ähnlich dem veredelten Fjordpferd und dem Araber.

Fig. 5. Arabisches Pferd. Mit der Bezeichnung arabisches Pferd ist nicht nur das Pferd in Arabien selbst gemeint, sondern auch das in den zunächst liegenden Ländern. Die Größenverhältnisse sind durchaus harmonisch.

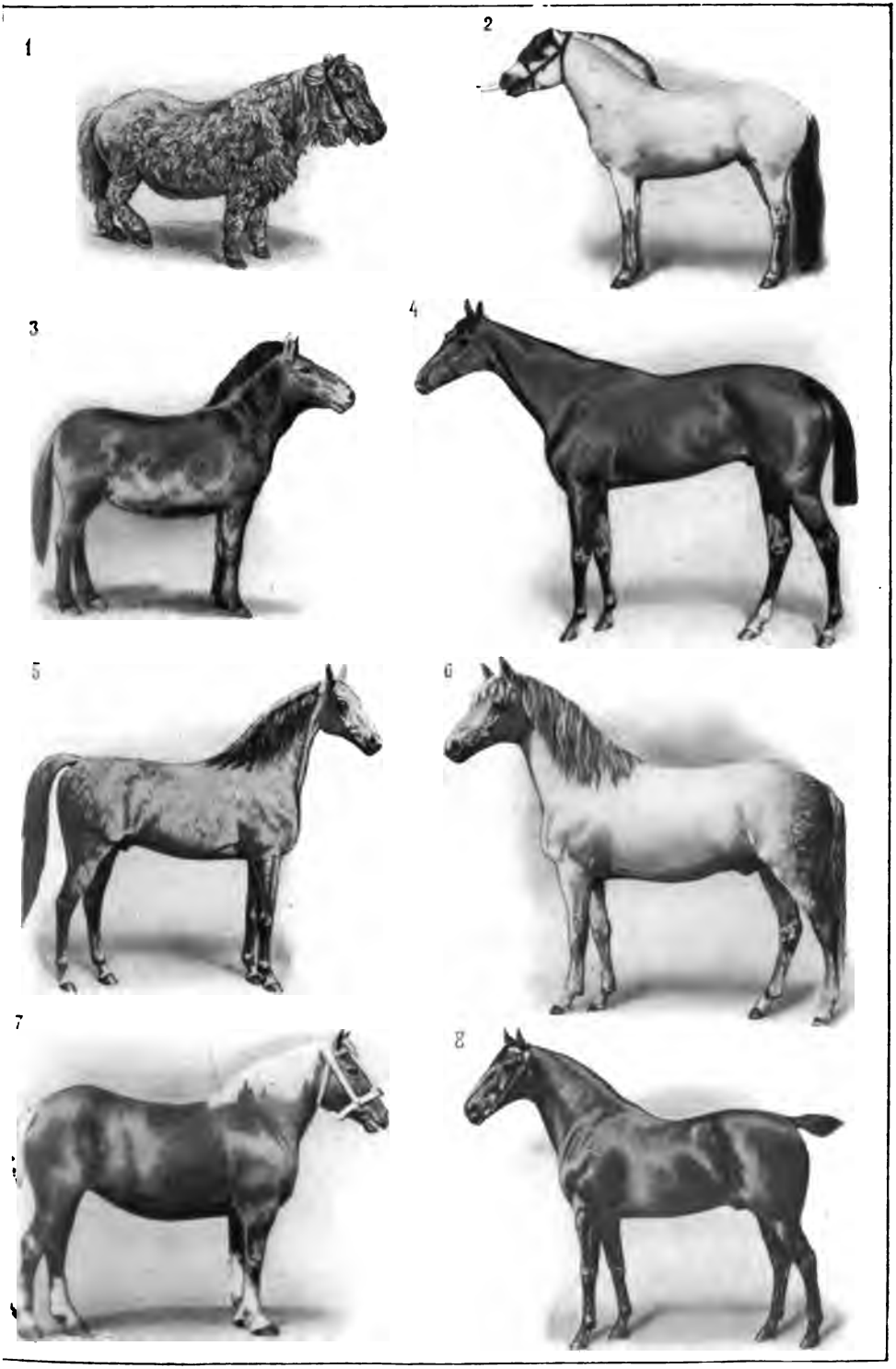
Fig. 6. Lippizaner Pferd. Das Lippizaner Gestüt in der Nähe von Triest wurde 1580 gegründet. Das Zuchtmaterial wurde aus

---

Tafel XXI: **Pferde.**

Fig. 1. Lofotenpferd.
» 2. Hengst der veredelten Fjord-Rasse.
» 3. Wildpferd.
» 4. Englischer Vollbluthengst in Rennkondition.
» 5. Arabisches Pferd.
» 6. Lippizaner Pferd, Hengst «Majestoso V» im königl. Staatsgestüt Fogaras.
» 7. Rheinisch-belgisches Pferd, Stute «Hegemonie», im Rheinland gezogen.
» 8. Oldenburger Pferd, Hengst «Gillert».

Fig. 1, 2 nach Graf C. G. Wrangel, Die Rassen des Pferdes.
Fig. 3, 4, 5, 6, 7, 8 nach Schwarzeneckers Pferdezucht.


1
2
3
4
5
6
7
8

Andalusien eingeführt. Das Hofgestüt Lippiza hat mit seiner überwiegend orientalischen Zucht die Aufgabe, Hengste für die Reitschule in Wien, ferner für die Gestüte und für die Schimmelpostzüge des kaiserlichen Marstalls zu liefern. Die Kopflänge ist $\frac{a}{2}$, die Widerristhöhe $2\,d$, die Rumpflänge $2\,b$ usw.

Fig. 7. Rheinisch-belgisches Pferd. In der Rheinprovinz hat man sich im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts auf die Zucht des belgischen Pferdes verlegt und damit recht gute Resultate erzielt. Das schwere belgische Pferd erreicht gewöhnlich eine Höhe von 1·76 bis 1·82 m. Im allgemeinen erscheint dieses Pferd plump, ähnlich dem Pinzgauer. Die Kopflänge ist $\frac{a}{2}$, die Rumpflänge $2\,b$, die Widerristhöhe $2\,d$ usw.

Fig. 8. Oldenburger Pferd. Diese Pferderasse liefert im Gegensatz zu dem Rheinisch-belgischen Pferd, das für das Schwerfuhrwerk geeignet ist, gute Kutschpferde. Die harmonischen Größenverhältnisse sind $\frac{a}{2}$, b, $2\,d$, $\frac{b}{2}$, $\frac{a}{4}$.

Wiederkäuer (Tafel XXII).

Zu ihnen gehören einige der wichtigsten Haustiere und Nutztiere des Menschen.

Tafel XXII.

Fig. 1. Edelhirsch. Die vorliegende photographische Aufnahme stellt ein besonders schönes Exemplar aus dem Lainzer Tiergarten bei Wien dar. Die Widerristhöhe ist $2\,b$, die Rückenlänge a. Besonders schön ist das Geweih, das zwischen den Kreisen $\frac{a}{2}$ und $\frac{b}{2}$ liegt.

Fig. 2. Die Sumpfantilope lebt in den Sümpfen Westafrikas. Die schlanken hohen Beine und die langen spreizenden Schuhe befähigen sie, in den genannten Örtlichkeiten zu leben. Die Kopflänge $\frac{a}{2}$, die Widerristhöhe $2\,b$.

Fig. 3. Der Wisent ist jetzt fast ausgestorben und wird nur an zwei Örtlichkeiten gepflegt. Die Widerristhöhe ist ebenfalls $2\,b$, Kopflänge $\frac{a}{2}$.

Fig. 4. Das Lama von der Hochebene der Kordilleren ist seit vielen Jahrhunderten als Haustier gehalten. Der Bau ist ein harmonischer.

Fig. 5. Kuh des Montafoner Schlages. Jedes Land hat seine eigenen Rinderrassen, die voneinander ganz erheblich abweichen. Die hier abgebildete ist eine der bekanntesten Rassen Mitteleuropas. Der Bau ist ein durchwegs harmonischer. Einige Zahlen (siehe Dr. H. Werners «Die Rinderzucht») mögen den harmonischen Bau anderer Rassen zeigen.

Montafoner Schlag.

	1 Bulle, $2^1/_2$ Jahre alt			7 Kühe		
	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 104$	Verhältnis $a = 1$	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 109$	Verhältnis $a = 1$
Kopflänge	52	$\frac{a}{2} = 52$	$\frac{1}{2}$	53	$\frac{a}{2} = 53$	$\frac{1}{2}$
Widerristhöhe .	143	$2b = 146$	$\sqrt{2}$	131	$2d = 130$	$\sqrt{5} - 1$
Rückenhöhe. . .				129·9	$2d = 130$	$\sqrt{5} - 1$
Rumpflänge . . .	176	$2(b + r) = 188$	$2\sqrt{2} - 1$	157·5	$2b = 149$	$\sqrt{2}$

Pinzgauer Schlag.

	3 Bullen, 3jährig und älter			10 Kühe, 4—8 Jahre alt		
	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 108$	Verhältnis $a = 1$	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 103$	Verhältnis $a = 1$
Kopflänge	54	$\frac{a}{2} = 54$	$\frac{1}{2}$	51·5	$\frac{a}{2} = 51{\cdot}5$	$\frac{1}{2}$
Widerristhöhe .	142·5	$2b = 152$	$\sqrt{2}$	135·5	$2b = 144$	$\sqrt{2}$
Rückenhöhe. . .	138	$2d = 134$	$\sqrt{5} - 1$	131·5	$2d = 127{\cdot}2$	$\sqrt{5} - 1$
Rumpflänge . . .	176	$R + \frac{a}{2} = 174$	$\frac{\sqrt{5}+1}{2}$	168	$R + \frac{a}{2} = 166$	$\frac{\sqrt{5}+1}{2}$
Hals- u. Rumpflänge	217	$2a = 216$	2	202·5	$2a = 206$	2

Tafel XXII: Wiederkäuer.

Fig. 1. Edelhirsch *(Cervus Elaphus)*, nach einer Photographie von K. Leeder.
» 2. Sumpfantilope *(Tragelaphus gratus)*, nach E. Haeckel, Kunstformen der Natur, Taf. C, Fig. 3.
» 3. Wisent *(Bison europaeus)*, nach A. C. Brehms Tierleben.
» 4 Lama *(Auchenia Lama)*, nach A. C. Brehms Tierleben.
» 5. Kuh «Maas» aus der Herde der Ackerbauschule in Edthof, Montafoner Schlag. Nach Werner, Rinderzucht, 3. Aufl., Taf. LXXI.
» 6. Württembergisches Bastardschaf. Nach J. Heyne, Die Schafzucht, S. 11.

1

2

3

4

5

6

UNIV. OF MICH.

Simmentaler Schlag.

	Bulle, 16 Monate alt			Rind, 2 Jahre alt		
	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 114$	Verhältnis $a = 1$	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 104$	Verhältnis $a = 1$
Kopflänge	57	$\frac{a}{2} = 57$	$\frac{1}{2}$	52	$\frac{a}{2} = 52$	$\frac{1}{2}$
Widerristhöhe .	140	$2d = 140$	$\sqrt{5} - 1$	139	$2b = 146$	$\sqrt{2}$
Rückenhöhe. . .	137	$2d = 140$	$\sqrt{5} - 1$	139	$2b = 146$	$\sqrt{2}$
Rumpflänge . . .	171	$2b = 161$	$\sqrt{2}$	167	$R + \frac{a}{2} = 167$	$\frac{\sqrt{5}+1}{2}$

Zillertaler Schlag.

	Kühe			Bullen		
	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 88{\cdot}6$	Verhältnis $a = 1$	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 91{\cdot}2$	Verhältnis $a = 1$
Kopflänge	44·3	$\frac{a}{2} = 44{\cdot}3$	$\frac{1}{2}$	45·6	$\frac{a}{2} = 45{\cdot}6$	$\frac{1}{2}$
Widerristhöhe .	117·3	$2b = 125$	$\sqrt{2}$	121·5	$2b = 128$	$\sqrt{2}$
Rumpflänge . . .	143·3	$R + \frac{a}{2} = 143$	$\frac{\sqrt{5}+1}{2}$	157·9	$2(b+r) = 166{\cdot}4$	$2\sqrt{2}-1$

Ungarisch-siebenbürgische Rasse.

	Stier, 5 Jahre alt			Kuh, 15 Jahre alt		
	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 100$	Verhältnis $a = 1$	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 102$	Verhältnis $a = 1$
Kopflänge	52	$\frac{a}{2} = 50$	$\frac{1}{2}$	51	$\frac{a}{2} = 51$	$\frac{1}{2}$
Widerristhöhe .	141	$2b = 141$	$\sqrt{2}$	135	$2b = 144$	$\sqrt{2}$
Rumpflänge . . .	162	$R + \frac{a}{2} = 162$	$\frac{\sqrt{5}+1}{2}$	164	$R + \frac{a}{2} = 164$	$\frac{\sqrt{5}+1}{2}$

Shorthorn-Schlag.

	1 Bulle, 3 Jahre alt			10 Kühe, 5—7 Jahre alt		
	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 108$	Verhältnis $a = 1$	gemessen cm	nach dem harm. Dreieck $a = 107$	Verhältnis $a = 1$
Kopflänge	54·0	$\frac{a}{2} = 54$	$\frac{1}{2}$	53·5	$\frac{a}{2} = 53{\cdot}5$	$\frac{1}{2}$
Widerristhöhe .	148·0	$2b = 152$	$\sqrt{2}$	139·5	$2b = 150$	$\sqrt{2}$
Rumpflänge . . .	181	$2(b+r) = 196$	$2\sqrt{2}-1$	175·5	$2(b+r) = 196$	$2\sqrt{2}-1$
Hals- u. Rumpflänge	210	$2a = 206$	2	202·5	$2a = 214$	2

Fig. 6. Das württembergische Bastardschaf hat eine Widerristhöhe von $2\,d$, Kopflänge von $\frac{a}{2}$. Der Rumpf ist $2\,b$ lang.

Raubtiere *(Carnivorae)* (Tafel XXIII).

Die Raubtiere zerfallen in mehrere Familien, wie Hunde, Bären, Marder, Katzen und Zibethkatzen.

Zu der ersten gehört eines der ältesten Haustiere, der Hund *(Canis familiaris)*. Von welchem wild lebenden Tiere er abstammt, ist nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen, vielfach werden der Wolf oder wolfähnliche Tiere und auch der Schakal zu seinen Vorfahren gezählt. Mehrere der jetzt lebendenden Hunderassen (wolfsähnliche) kommen der ursprünglichsten ganz nahe; sie hätten sich ohne Hilfe des Menschen nicht halten können.

Tafel XXIII.

Fig. 1. Langhaariger Dachshund. Der Dachshund ist zweifellos einer der verbreitetsten Hunde. Schon die alten Ägypter besaßen dachshundartige Hunde, ferner hat auch Alt-Mexiko, wie Tonhunde aus Colima bezeugen, solche gehabt. Die Widerristhöhe ist b, die Rumpflänge $2\,b$, Rückenlänge a. Der harmonische Aufbau wird auf ähnliche Weise ermittelt wie bei den Pferden und Wiederkäuern.

Fig. 2. Hannoverscher Schweißhund, von seinem Hauptzuchtplatze Hannover und Braunschweig so genannt, zeigt die harmonischen Größenverhältnisse $\frac{a}{2}$, $2\,d$, b, $\frac{R}{2}$, $\frac{b}{2}$, $2\,b$.

Tafel XXIII: Hunde und Raubtiere.

Fig. 1. Langhaariger Dachshund.
» 2. Hannoverscher Schweißhund.
» 3. Vorstehhund, Drahthaar.
» 4. Deutsche Dogge.
» 5. Reichbehaarter Windhund oder Barzoi.
» 6. Spitzhaariger Schäferhund «Carex von Plieningen».
» 7. Tiger *(Felis tigris)*.
» 8. Landbär *(Ursus arctos)*.

Fig. 1, 2, 3 nach F. v. Raesfeld, Das deutsche Weidwerk, 1914.
» 4 nach der Natur.
» 5 nach R. Strebel, Die deutschen Hunde.
» 6 nach A. Schuster, Der Hundefreund.
» 7 nach Mayers Konversations-Lexikon.
» 8 nach Brehms Tierleben.

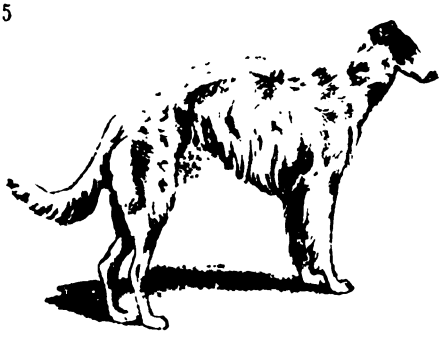
1

2

3

4

5



6

7

8

UNIV. OF MICH.

Fig. 3. Vorstehhund, zeigt dieselben Größenverhältnisse. Die Vorstehhunde sind ebenfalls höchstentwickelte Jagdhunde, die schon bei den alten Griechen und Römern sehr geschätzt wurden.

Fig. 4. Deutsche Dogge. Die Doggen, die sich durch gewaltige Größen und Stämmigkeit auszeichnen und darin dem Wolf am nächsten kommen, haben ihre Heimat, respektive geographische Verbreitung in Hochebenen und Gebirgen. Die Größenverhältnisse sind harmonisch. Kopflänge $\frac{a}{2}$, Widerristhöhe $2\,b$, Rumpflänge $2\,b$ usw.

Fig. 5. Reich behaarter Windhund oder Barzoi, eine sehr alte Rasse, über deren Geschichte nichts bekannt ist. Ihre Kopfbildung ist wesentlich abweichend von der anderer Rassen; der Schädel ist sehr langgestreckt, aber im Verhältnis zur Körpergröße kürzer als bei anderen. Die Größenverhältnisse sind daher abweichend von denen der übrigen. Die Kopflänge ist $\frac{b}{2}$, die Widerristhöhe $2\,d$, die Rumpflänge $2\,d$, die Rückenlänge a usw.

Fig. 6. Spitzhaariger Schäferhund. Der Schäferhund ist in seinem Äußern dem Wolf am nächsten, ja manche Rassen der Schäferhunde wurden mit Erfolg von Wolf gepaart. Die Größenverhältnisse sind ähnlich anderen Rassen: $\frac{a}{2}$, $2\,d$, $2\,b$, a, $\frac{R}{2}$, $\frac{b}{2}$ usw.

Anschließend an die Abbildungen seien noch Messungen einiger Hunderassen erwähnt. Maße von 11 der besten Foxterriers der Spezialausstellung des D. F. C. zu Elberfeld 1899:

	Durchschnittsmaße		Verhältnis wenn $a = 1$
	in cm	nach dem harm. Dreieck $a = 38$	
Kopflänge	19	$\frac{a}{2} = 19$	$\frac{1}{2}$
Rückenlänge vom Widerrist bis Schwanzwurzel	31	$b + r = 33$	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
Höhe des Hundes	38	$a = 38$	1
Läufe vom Ellbogen ab	21	$\frac{R}{2} = 21$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$

Die Familie der Katzen *(Felidae)* umfaßt eine Reihe der blutgierigsten Raubtiere.

Doggen.[1])

	Durchschnittsmaß für Rücken in cm	Durchschnittsmaß nach dem harm. Dreieck $a = 55{\cdot}6$	Verhältnis wenn $a = 1$	Durchschnittsmaß für Windlauf in cm	Durchschnittsmaß nach dem harm. Dreieck $a = 56{\cdot}2$	Verhältnis wenn $a = 1$
Kopflänge	27·8	$\frac{a}{2} = 27{\cdot}8$	1	28·1	$\frac{a}{2} = 28{\cdot}1$	1
Nasenlänge	12·6	$r = 12$	$\sqrt{2} - 1$	12·6	$r = 11{\cdot}6$	$\sqrt{2} - 1$
Länge des Halses.	24·3	$2r = 24$	$2(\sqrt{2} - 1)$	26	$2r = 23{\cdot}2$	$2(\sqrt{2} - 1)$
» » Rückens	68·7	$2d = 68{\cdot}8$	$2(\sqrt{5} - 1)$	74	$2d = 69{\cdot}6$	$2(\sqrt{5} - 1)$
» » Unterarmes	30·7	$\frac{R}{2} = 30{\cdot}9$	$\frac{\sqrt{5}}{2}$	30·5	$\frac{R}{2} = 31$	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
Galgenmaß	80	$2b = 79$	$2\sqrt{2}$	80	$2b = 79{\cdot}4$	$2\sqrt{2}$

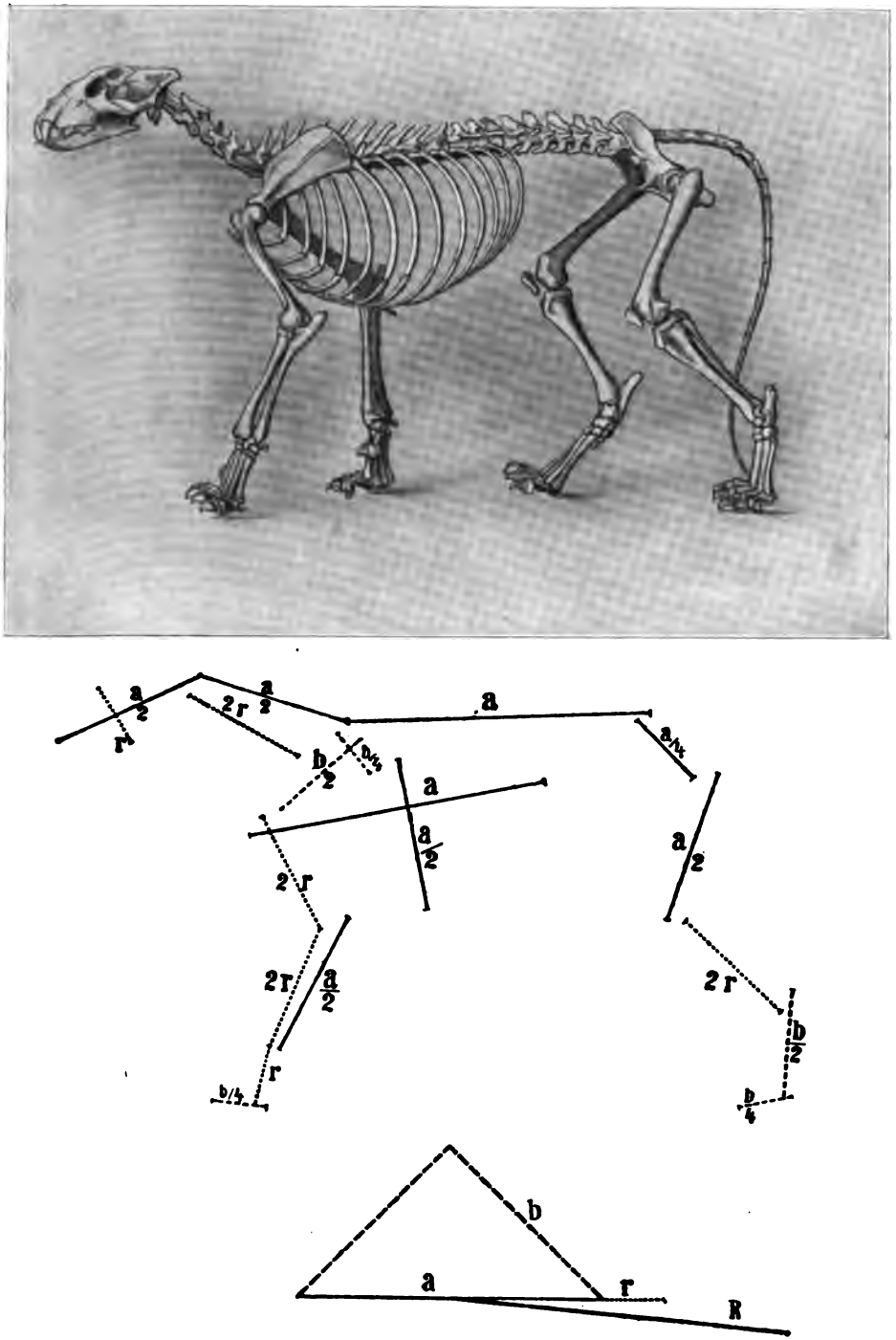
Dachshund.

	Wald-Affo in cm	Wald-Affo nach dem harm. Dreieck $a = 36$	Wald-Affo Verhältnis wenn $a = 1$	Wald-Zweckerl in cm	Wald-Zweckerl nach dem harm. Dreieck $a = 33$	Wald-Zweckerl Verhältnis wenn $a = 1$
Kopflänge	18	$\frac{a}{2} = 18$	1	16·5	$\frac{a}{2} = 16{\cdot}5$	1
Nasenlänge	8	$r = 7{\cdot}4$	$\sqrt{2} - 1$	7·2	$r = 6{\cdot}8$	$\sqrt{2} - 1$
Länge der Ohren.	12	$\frac{b}{2} = 12{\cdot}7$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	11·2	$\frac{b}{2} = 11{\cdot}7$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
» des Halses.	12·5	$\frac{b}{2} = 12{\cdot}7$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	12	$\frac{b}{2} = 11{\cdot}7$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
» » Rückens	45	$2d = 45$	$2(\sqrt{5} - 1)$	38·5	$R = 36{\cdot}8$	$\sqrt{5}$
» der Rute . .	25	$b = 25$	$\sqrt{2}$	24	$b = 23{\cdot}3$	$\sqrt{2}$
Galgenmaß	27	$b = 25$	$\sqrt{2}$	25	$b = 23{\cdot}3$	$\sqrt{2}$

[1]) Nach R. Strebel, Die deutschen Hunde.

Fig. 7 stellt einen Tiger *(Felis tigris)* dar. Die Größenverhältnisse sind harmonisch: Kopflänge $\frac{a}{2}$, Halslänge $\frac{a}{2}$, Rückenlänge R, Widerristhöhe R usw.

Fig. 8. Landbär. Die bärenartigen Raubtiere sind durch eine Abbildung, den Landbären, charakterisiert. Die Größenverhältnisse sind harmonisch: a, $2b$, b, $\frac{b}{2}$ usw.



Abbild. 19. Skelett des Löwen nach Giebel: Browns «Klassen und Ordnungen», und nach dem harm. Dreieck.

Abbildung 19. Das Skelett eines Löwen zeigt recht schöne harmonische Maße in der Länge des Kopfes, der Ober- und Unterschenkel usw., die durch $\frac{a}{2}$, r, $2r$, a, $\frac{a}{4}$, $\frac{b}{2}$, $\frac{b}{4}$ charakterisiert sind.

Der Bau der Formen in der Natur.

Jede Tier- und Pflanzenspezies ist nach einem bestimmten Plane geformt. Die vorher angeführten Beispiele aus der Tier- und Pflanzenwelt zeigen: Vom einfachsten einzelligen Urtier bis zu dem hochentwickelten Säugetier treten dieselben Größenverhältnisse auf, trotz der großen Mannigfaltigkeit der Formen dienen dieselben Grundlagen zu ihrem Aufbau ähnlich wie die Zellen, die ja allen Organismen gemeinsam sind. Den Schlüssel zur Erkenntnis der Größenverhältnisse sowohl des Ganzen als auch der Teile bieten das harmonische Dreieck und der harmonische Kreis. In der Regel ist die Einkreisung des ganzen Individuums durch den harmonischen Kreis die einfachste Methode zur Auffindung der richtigen Verhältnisse, doch können sie auch durch Abmessung und Vergleichung der wichtigsten Maße mit Zuhilfenahme der Tabelle (s. Anhang) gefunden werden. Nach demselben Wege sind auch die Verhältnisse der Umrißlinien zu ermitteln, die infolge des Lebens meist nicht gerade, sondern geschwellt und kurvenartig sind.

Die Formen der Natur sind derart gebaut, daß ihre Maße, wie Höhe, Breite und einzelne Teile, in den irrationalen Verhältnissen $\sqrt{5} : \sqrt{2} : 1$ oder von diesen abgeleiteten stehen. Diese irrationalen Verhältnisse gehören zu den Grundfesten des Weltgebäudes, sie bilden auch die Grundlagen in den zahlreichen Formen der Natur. Wie die Massen im Weltenraum harmonisch (in den «richtigen» Verhältnissen) angeordnet sind, ebenso sind die Organismen harmonisch geformt. Im Weltall und in der Natur herrscht dieselbe Harmonie.

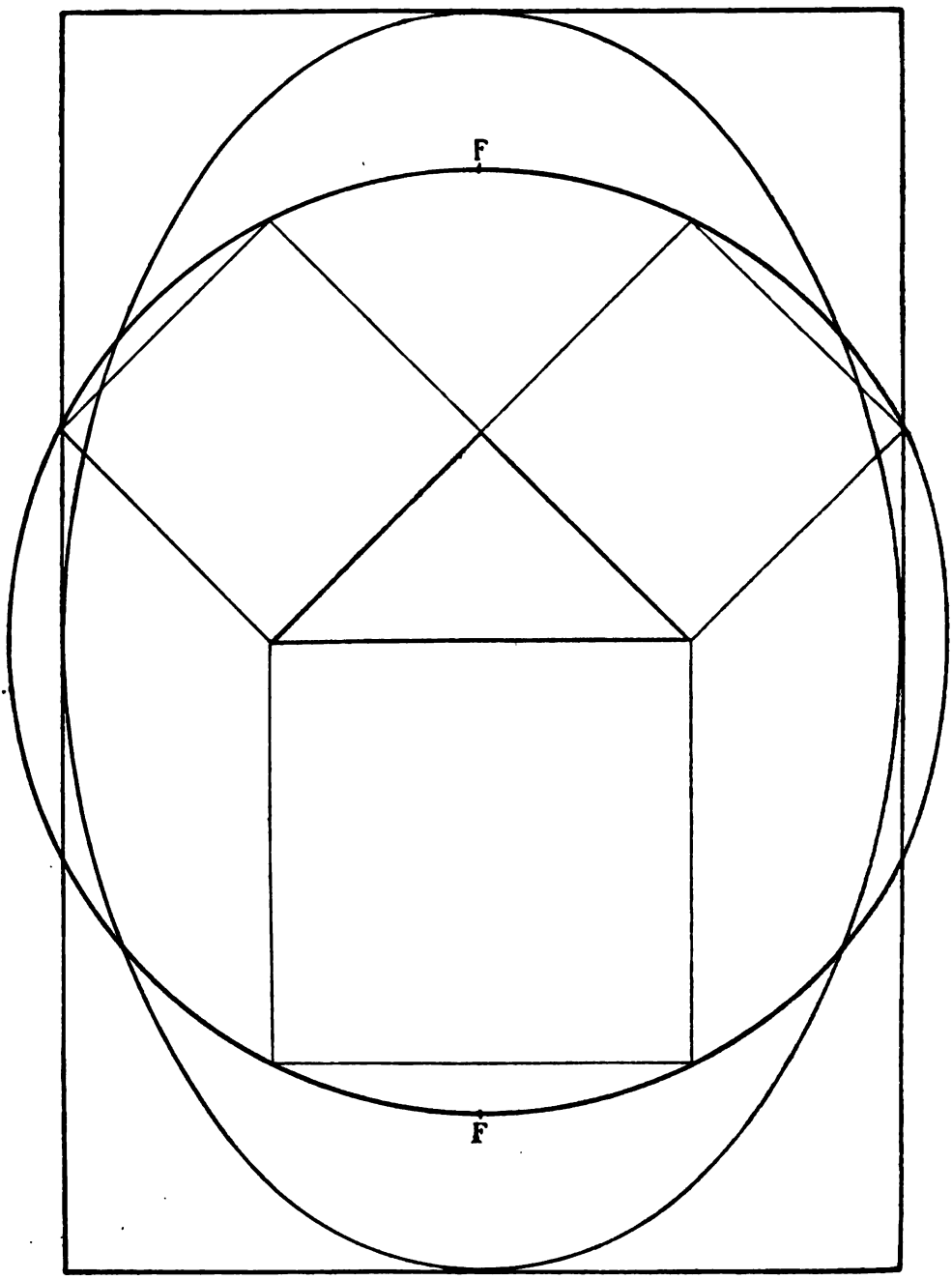
III. TEIL:

DIE HARMONIE IN DER KUNST.

Die Kunst hat die Aufgabe, ohne Rücksicht auf äußere Bedürfnisse etwas Schönes zu schaffen, das Schöne zu verwirklichen. Je nach den Mitteln, mit denen sie ihre Aufgabe zu lösen sucht, unterscheidet man zwei Gruppen von Künsten: erstens: die bildenden Künste, welche aus greifbaren Stoffen wie Steinen, Holz, Metall, Farbstoffen etc. etwas Schönes bilden. Sie werden durch das Auge wahrgenommen. Hieher gehören die Baukunst, Bildhauerkunst und Malerei. Zweitens: die tönenden Künste, welche durch Töne und Worte Schönes ausdrücken. Diese werden durch das Ohr wahrgenommen. Es sind die Musik und Poesie.

In jeder Kunst, besonders in den bildenden Künsten spielt die Verhältnismäßigkeit der Teile zum Ganzen und untereinander eine wichtige Rolle. Untersuchungen hierüber sind daher zahlreich und in den ältesten Zeiten bereits angestellt worden. Da die bildenden Künste Formen der Natur, besonders die des Menschen zum Gegenstand ihrer Darstellung nehmen und, wie vielfach behauptet wird, die im menschlichen Körper gefundene Proportionalität auch in die Baukunst übertragen wurde, so liegt es sehr nahe zu untersuchen, ob in der Kunst dieselben «richtigen» Verhältnisse herrschen wie im Weltall und in der Natur. Das Ergebnis bestätigt die Annahme. Das harmonische Dreieck und der harmonische Kreis bilden auch in der Kunst den einfachsten Weg zur Erkenntnis der Proportionalität der Linien, der Anordnung der Massen, der Harmonie der Farben usw. Auffallend in der Kunst, besonders in der Malerei und Baukunst, ist das häufige Auftreten von Rechtecken mit ganz bestimmten Größenverhältnissen. In der Malerei sind hauptsächlich die rechteckigen Formate der Bilder, in der Baukunst die rechteckigen Grundrisse charakteristisch. Das Rechteck 2 : 3 (Abbild. 20) kommt sehr häufig in der Baukunst vor. Bezeichnend ist, daß es eine Ellipse umschließt, deren Brennpunkte $2R$ voneinander entfernt sind, wenn man die Seitenlänge mit $2a$, $3a$ annimmt. Die halbe Ellipse kommt auch als «Korbbogen» häufig vor. Diese Ellipse umrahmt z. B. auch das Antlitz der «Mona

UNIV. OF MICH.



Abbild. 20. Das Rechteck 2:3.

Lisa», der Aphrodite, so, daß die Grundzüge des Rechtecks 2 : 3 auch im menschlichen Antlitz zu finden sind.

Die dem Rechteck 2 : 3 nahe stehenden Rechtecke sind $\frac{\sqrt{2}}{2} : 1$ oder $b : a$ und $\sqrt{2} : \sqrt{5}$ oder $b : R$. In Zahlen ausgedrückt sind Breiten und Höhen der Rechtecke folgende:

$$b : a = 14{\cdot}14 : 20$$
$$2 : 3 = 14{\cdot}14 : 21{\cdot}21$$
$$b : R = 14{\cdot}14 : 22{\cdot}36.$$

Das Rechteck 2 : 3 nimmt eine Mittelstellung zwischen den beiden anderen ein, es ist ein vereinfachtes aus beiden und als solches von dem mit Zirkel und Lineal schaffenden Baumeister bevorzugt, während die beiden anderen Rechtecke, deren Seiten in irrationalen Verhältnissen stehen, häufiger in der Malerei vertreten sind.

A. Die Baukunst,

die ursprünglichste der bildenden Künste, entsprang dem Bedürfnis, für sich und die Seinen eine Wohnung zu haben, die vor der Witterung Unbilden schützt, weiters ein Heim, wo sich auch bequem und schön wohnen läßt. Sie verfolgt also vorwiegend oder zugleich praktische Zwecke, während die Werke der beiden anderen bildenden Künste, der Malerei und der Bildhauerkunst, sich selbst Zweck sind, respektive nur höheren und ideellen Zwecken dienen.[1])

Die Baukunst gilt als eine freischaffende Kunst ähnlich der Musik, da sie keine Vorbilder in der Natur besitzt, wie die Malerei, Bildhauerkunst und Poesie. Jedenfalls gilt dies bei der hochentwickelten Baukunst, während man in den Anfängen, wo sie vielleicht noch nicht diesen Namen verdient, immerhin die Höhle, in der die ältesten Menschen hausten und wo sie auch Denkmäler ihrer Mal- und Bildhauerkunst hinterließen, als Vorbild für die Zeltwohnung, für das primitive Stein- und Holzhaus sehen mag. Dem ersten Schritt, etwas Nützliches und Notwendiges zu schaffen, folgte der zweite, das Nützliche auch schön zu machen, was natürlich nicht jeder begehrte und nur sehr wenigen gelang. In den schönen Bauwerken ist also Nützliches mit Schönem verbunden, ohne sich gegenseitig zu stören.

Die Baukunst ist raumgestaltend. Sowohl die Räume als auch die Raumumschließungen müssen Wohlgefallen erregen, wenn sie die

[1]) Siehe A. Kuhn, Allgemeine Kunstgeschichte.

Bezeichnung schön verdienen wollen. Jedem Bauwerk, sei es ein Gotteshaus, ein Rathaus oder ein Wohnhaus, muß eine Idee zugrunde liegen, die es so verkörpert, daß es auf den Beschauer schön wirkt. Die Stoffe, mittels welchen die Baukunst diese Ideen zum Ausdruck bringt, sind schwere, leblose Massen, wie Stein, Holz, Ziegelstein, Eisen. Sie einer Idee dienstbar zu machen und hiebei so anzuordnen, daß das der Idee entsprechende Bauwerk schön erscheint, ist Aufgabe der Baukunst. Es fällt also auf die Anordnung der Stoffe oder Massen, als das Sinnfälligste, mittels dessen die Baukunst auf den Beschauer wirken soll, das Hauptgewicht. Die Massen gelten dann als schön angeordnet, erstens, wenn sie das Gesetz der Schwerkraft in befriedigender Weise erfüllen, zweitens, wenn sie Gleichmaß (Symmetrie) und drittens richtige Verhältnisse (Proportionen) aufweisen.

Alles Leblose hat keine freie Bewegung, sondern folgt ruhend dem Gesetze der Schwere. Die Stoffe eines Bauwerkes müssen fest aufruhen und den Eindruck allseitiger Sicherheit gewähren und das Gefühl voller Beruhigung für den Beschauer hervorrufen. Eine schwebende Tribüne, Galerie oder Balkon, Treppe, eine Kanzel, die nicht auf dem Boden aufruht, wirkt beunruhigend auf den Beschauer. Er wird der Unruhe nicht los, wenn auch sonst alle Forderungen der Schönheit gegeben sind. Die Last muß durch eine sichtbare Stütze getragen sein.[1])

Das zweite Grundgesetz der Baukunst ist das Gleichmaß oder die Symmetrie, die darin sich offenbart, daß ein Ganzes, ein Bauwerk, in zwei gleichmäßig übereinstimmende Teile zerlegt werden kann. Beide Teile sind an den zwei gegenüberliegenden Seiten so angeordnet, daß sie sich das Gleichgewicht (Gleichmaß) halten.

Wenn aber gleichartige Teile fortgesetzt symmetrisch aneinandergereiht werden, so würde dies langweilig wirken. Es ist notwendig, daß die Teile nicht gleichartig gleich groß und nicht in gleichen Ab-

[1]) A. Schopenhauer (Die Welt als Wille und Vorstellung) bezeichnet den Kampf zwischen Schwere und Starrheit den alleinigen ästhetischen Stoff der schönen Baukunst, den sie auf die mannigfaltigste Weise deutlich hervortreten lassen soll. Denn indem jeder Teil soviel trägt, als er kann, und jeder gestützt ist, gerade dort und gerade so sehr, als er muß, entfaltet sich jener Kampf zwischen Schwere und Starrheit zur vollkommensten Sichtbarkeit. Die ganze Masse eines Gebäudes würde einen bloßen Klumpen darstellen, so fest als möglich dem Erdkörper verbunden, zu welchem die Schwere unablässig drängt, während die Starrheit widersteht. Dieses Streben aber wird von der Baukunst an der unmittelbaren Befriedigung verhindert und ihm nur eine mittelbare, durch Säulen, Pfeiler, gestattet. Auf diesen erzwungenen Umwegen und durch diese Hemmungen entfalten sich auf das deutlichste und mannigfaltigste die der rohen Steinmasse innewohnenden Kräfte.

ständen voneinander angeordnet sind, sondern Größen und Entfernungsverhältnisse zeigen, welche auf den Beschauer angenehm wirken. Das ist die Proportion. Unter den verschiedenen proportionalen Schönheitsgesetzen gilt der goldene Schnitt als einer der wichtigsten. Im folgenden wird mittels des harmonischen Dreiecks und Kreises und insbesondere mit dem darauf sich aufbauenden Rechteck 2 : 3 die Größen und Maßverhältnisse festzustellen versucht. Hiebei ist die Untersuchung des Grundplanes, der Quer- und Längsschnitte sowie der Aufrisse notwendig.

Der Grundplan oder Grundriß ist vor allem für das Verständnis von großer Wichtigkeit. Er ist ein in einer bestimmten Höhe durch den Bau geführter Schnitt und gibt die Raumanlage, Stärke der Mauern, Lage der Säulen, der Fenster etc. an. Durch Quer- und Längsschnitte wird die Höhe der Säulen, Fenster, des ganzen Baues dargestellt. Die Aufrisse endlich geben ein Bild von dem Äußeren des Baues, von denen besonders der von der Vorderansicht bei den meisten Bauten entsprechend der Lage von Bedeutung ist. Der perspektivische Aufriß gibt die Ansicht des Baues, wie das Auge ihn sieht, mit den optischen Verkürzungen und Verschiebungen der Linien, der geometrische Aufriß hingegen bringt alle Linien in der richtigen Lage und Länge.

Bei folgender Darstellung der Harmonie in der Baukunst werden die wichtigsten Baudenkmäler, angeordnet nach den einzelnen Baustilen, soweit als möglich erwähnt, obgleich eine vergleichende Darstellung z. B. der Grundpläne von Bauten verschiedener Stile die gemeinsame Wurzel der Größenverhältnisse noch deutlicher zeigen würde. Dadurch würde aber wieder die Darstellung der Eigentümlichkeit eines Baustils in dem Auftreten der Größenverhältnisse leiden.

In der Regel werden acht Baustile, welche die Aufgaben der Baukunst in größerem oder geringerem Maße lösten, gezählt: der griechische, römische, altchristliche, byzantinische, mohammedanische, romanische, gotische und Renaissancestil mit den Ausläufern Barocco, Rokoko und Klassizismus. Außerdem sind noch die Baudenkmäler der Ägypter, Assyrer, Inder und einiger Völker zu erwähnen, die es doch bis zu einer gewissen Höhe und zu einer ihnen eigentümlichen Baukunst gebracht haben.

1. Baukunst der Ägypter.

Kein Volk, kein Land kann sich so gewaltiger und so alter Baudenkmäler rühmen als das der Ägypter. Ihre Pyramiden haben sich,

begünstigt durch das eigentümliche Klima des Niltales, Jahrtausende erhalten und werden noch Jahrtausenden trotzen. Diese einfachen Denkmäler, deren es eine große Anzahl gibt, lassen sich verstehen, wenn man die Kultur der alten Ägypter kennt. Sie hat einerseits in der natürlichen Anlage der Bewohner, andererseits in der eigentümlichen Beschaffenheit des Landes ihre Wurzeln. Ägypten ist nach Herodot ein Geschenk des Nils, der alljährlich infolge der tropischen Regengüsse im Hochland Abessinien anschwillt und im Juni und Juli ganz Ägypten überschwemmt. Die regelmäßig wiederkehrenden Überschwemmungen zwangen die Einwohner zur Arbeit, hauptsächlich zur Anlage verzweigter Kanäle, was nur von vielen nach einem gemeinsamen Plane ausgeführt werden konnte. Die Nützlichkeit der gemeinsamen, unter zielbewußter Führung ausgeführten Arbeit war jedem durch den erlangten Wohlstand sofort ins Auge springend. Daher mag auch die bei den Ägyptern so ausgesprochene Unterordnung unter eine Führung erklärlich sein, die es ermöglichte, frühzeitig ein ganz eigentümliches Staatswesen auszubilden, in dem so gewaltige Bauten mit den einfachsten Maschinen und einer Unmenge von Menschenhänden erstanden.

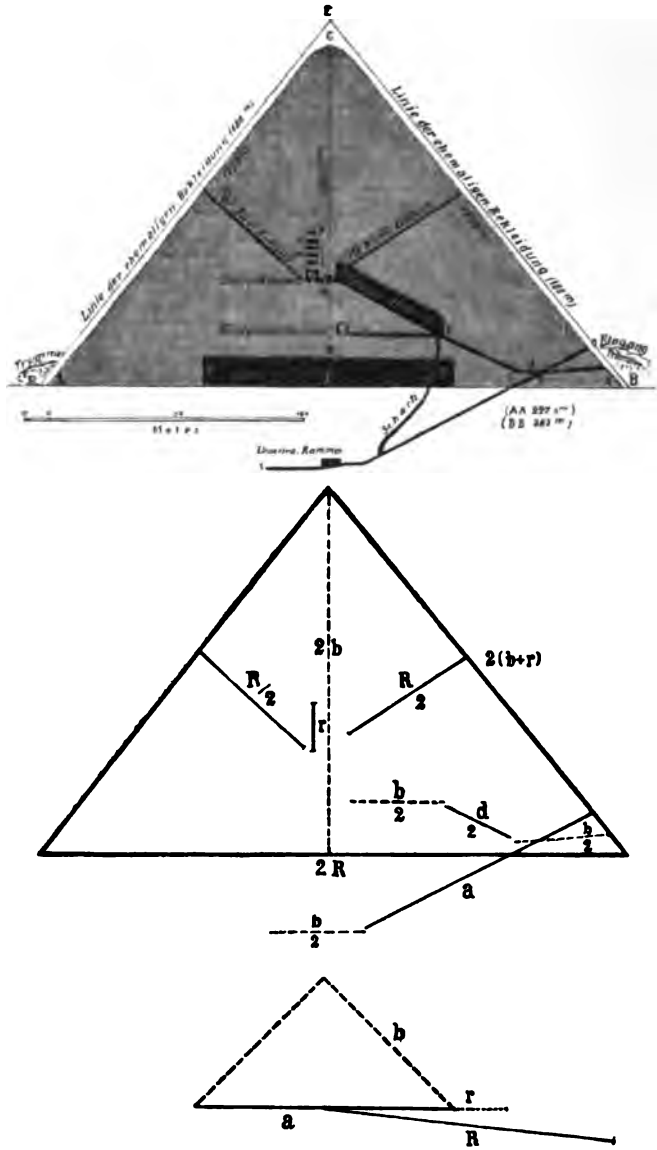
Dazu kommt, vielleicht ausschlaggebend, der natürliche, praktische Sinn und die zähe Beharrlichkeit, die den Ägyptern wie den stammesverwandten semitischen Völkern eigen ist.

Die gewaltigen Bauten sind Tempel und Pyramiden, beide zur Verehrung der Gottheit und des Herrschers, dem als Sohn des Sonnengottes Ra göttliche Verehrung gebührte. Seine Befehle auszuführen, ihm Frondienste zu leisten, ist Gottesdienst. Infolgedessen standen dem Herrscher große Scharen von Arbeitern zu seinen Monumentbauten zur Verfügung und wollten sie nicht willig, so brauchte er Gewalt, die ja insbesondere die Juden zu Moseszeiten zu spüren bekamen. Der in den Menschen innewohnende Glaube an die Unsterblichkeit der Seele war bei den Ägyptern so ausgeprägt, daß er nicht nur alle sittlich-religiösen Vorstellungen durchdrang, sondern auch in der Kunst deutlich zum Ausdruck kam. Da nach dem Glauben der Ägypter mit der Unsterblichkeit der Seele ein Fortleben des Körpers Hand in Hand geht, so trachteten sie durch Einbalsamierung und Aufbewahrung in Mumiensärgen und Gräberbauten ihn vor dem Verfall zu schützen. Die Gräberbauten spielen daher neben den Tempeln eine hervorragende Rolle, während die Privatbauten, Wohnhäuser in den Hintergrund treten. Eine charakteristische Erscheinung in der ägyptischen Baukunst bilden die Obelisken.

Gräberbauten (Pyramiden).

Die erste Form oder Urform der Gräberdenkmale ist der Grabhügel oder Tumulus, der allen Völkern im Beginne ihrer Entwicklung gemeinsam ist und sich bis zur heutigen Zeit erhalten hat. Bei dem ausgeprägten Totenkult der Ägypter ging die ursprüngliche Form eine besondere Entwicklung und führte zu den größten Bauten aller Zeiten, den Pyramiden oder den Königsgräbern, welche die Gräber der Untertanen, Mastabas genannt, gewaltig überragen. Die Pyramide ist die einfachste und doch gewaltigste Raumdarstellung, die den Eindruck des Unzerstörbaren macht und durch das Gewaltige ihres Baues und der Masse wie ein allgewaltiges Naturereignis wirkt, das den Beschauer zunächst an seine Ohnmacht und Nichtigkeit gemahnt.

Über die Art der Erbauung der Pyramiden haben sich verschiedene Meinungen gebildet, von denen die des Lepsius und Ebers die anerkannteste ist. Jeder König begann bei seinem Regierungsantritt den Bau seiner Grabstätte, Pyramide, und ließ sie in kleinen Verhältnissen vollständig herstellen. War ihm eine längere Regierungszeit beschieden, so vergrößerte er sie von Jahr zu Jahr durch Schichten aus Quadern oder Ziegeln nach Art der Jahresringe. Starb der König während des Baues, so wurde vom Nachfolger noch die äußerste Schicht vollendet und mit Granitplatten verkleidet. Die Größe der Pyramide entsprach der Regierungsdauer des Königs und auch der Größe seiner Macht. Von den etwa hundert Pyramiden in der Umgebung von Memphis sind die des Cheops, Cephren und des Mykerinus mit Höhen von 137, 135 und 66 m die höchsten, neben denen die anderen mit ihren Höhen von 15 bis 20 m wie Zwerge aussehen. Die bekannteste und berühmteste, die Cheopspyramide (Chufupyramide, Abbild. 21), hatte eine ursprüngliche Höhe von 146·59 m (jetzt 137·18 m), die Länge einer Seite des quadratischen Grundrisses betrug 233 m (jetzt 227·5 m). Staunenswert ist es, wie genau die Ägypter bei diesen ungeheuren Dimensionen die harmonischen Verhältnisse von $\sqrt{5} : \sqrt{2}$ trafen. $233 : 146{\cdot}59 = \sqrt{5} : \sqrt{2}$ oder $2R : 2b$ (genau 233 : 147·3). Die Abweichung von 71 cm kommt bei so großen Dimensionen gar nicht in Betracht. Sollte dies Zufall sein oder haben die ägyptischen Baumeister bewußt oder nach ihrem Schönheitsgefühl diese einfachen harmonischen Verhältnisse, die überall wiederkehren, angewendet? Die Längen der Gänge sind (siehe Abbild. 21) mit der Grundlinie und Höhe harmonisch. Die Grabkammer des Chufu (*K*), in die man von der großen Halle durch eine enge Öffnung gelangt, hat eine Länge von 10·43 m, eine Breite von 5·20 und eine



Abbild. 21. Durchschnitt durch die Cheopspyramide.
Nach Warnecke und nach dem harm. Dreieck.

Höhe von 5·81 m. $10{\cdot}43 : 5{\cdot}20 : 5{\cdot}81 = 2a : a : R$ oder $2 : 1 : \frac{\sqrt{5}}{2}$ ($2a = 10{\cdot}40$, $a = 5{\cdot}20$, $R = 5{\cdot}813$).

Die zweitgrößte Pyramide, die des Cephren, hatte eine Höhe von 143·5 m (jetzt 136·40), die Länge einer Seite des quadratischen Grund-

risses betrug 245·25 m (jetzt 210·46). $245 : 154 = R : b$ oder $\sqrt{5} : \sqrt{2}$ (Abweichung 11 m). Das Verhältnis ist dasselbe wie bei der Cheopspyramide, nicht aber so genau.

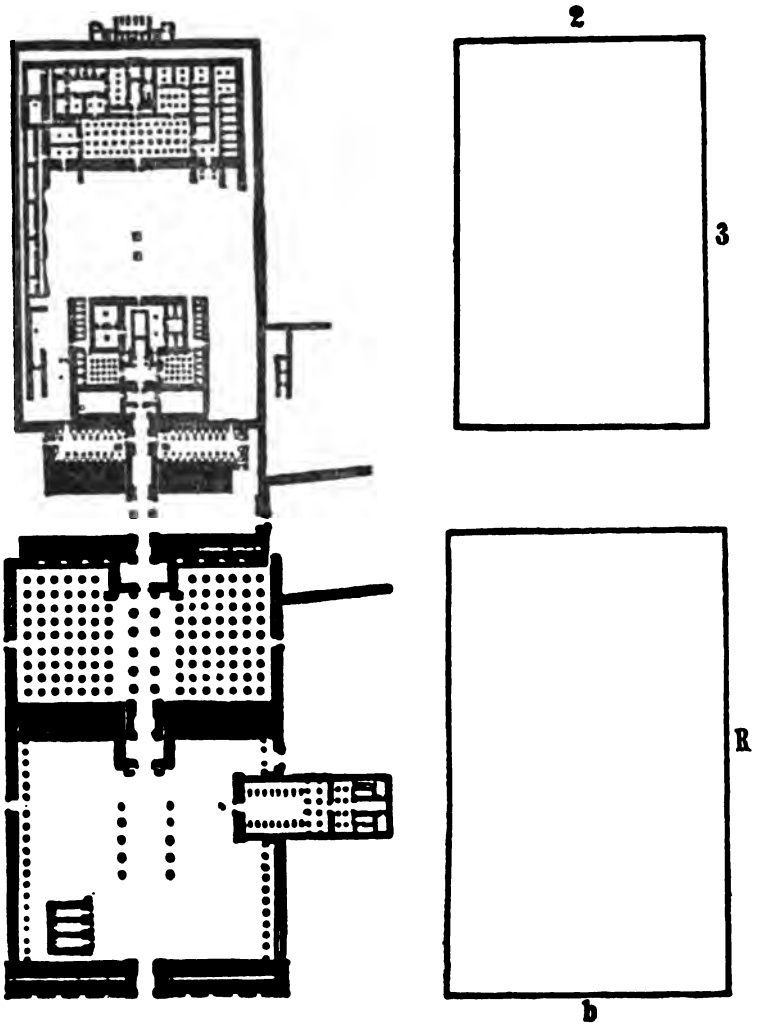
Von der gewöhnlichen Pyramidenform weicht die sogenannte Knickpyramide in Daschur ab, bei welcher der untere Teil steiler ansteigt als der obere, und die Stufenpyramide in Sakkara. Die Pyramiden stammen aus dem alten Reich Ägyptens, das bis 4000 Jahre v. Chr. zurückreicht, im mittleren Reiche wurden die Toten in kleinen Pyramiden, meistens aber in Felsengräbern bestattet, die eine kunstgerechte Fassade aufweisen.

Merkwürdig sind die Gruftstätten der Apisstiere in Sakkara. Zu beiden Seiten eines in den Felsen getriebenen 350 m langen Ganges sind in Felsenkammern riesige Sarkophage, die 4 m lang, 2·30 m breit und 3·30 m hoch sind. $4{\cdot}1 : 2{\cdot}3 : 3{\cdot}3 = \sqrt{5} - 1 : \frac{\sqrt{2}}{2} : 1$ $(2\,d : b : a)$. Auch hier wieder harmonische Maße.

Die Tempel.

Aus dem alten Reiche (ungefähr 4000—2200 v. Chr.) mit der Hauptstadt Memphis, wo die Kolossalbauten der Pyramiden entstanden, sind von den Tempeln nur wenige Trümmer vorhanden. In dieser Epoche hatte der Tempelbau eine untergeordnete Bedeutung. Zur Geltung kam er erst im mittleren Reiche (2200 – 730 v. Chr.) nach der Vertreibung der Hyksos (1600 v. Chr.), als den Pharaonen wieder große Hilfsmittel zur Verfügung standen, die sie jetzt nicht mehr für Pyramiden verwendeten, sondern zur Gründung großer nationaler Heiligtümer und Grabtempel, welche ihren Ruhm der Nachwelt überliefern sollten. Wie die Pyramiden in erster Linie durch das Gewaltige, Kolossale ihrer Dimensionen wirken, die den Beschauer vor allem in Staunen und Verwunderung setzen, so auch die Tempel. Die Wirkung des Kolossalen wird noch erhöht durch die Wiederholung gleichartiger Bauten oder Denkmäler. Die Pyramiden stehen nicht vereinzelt, die Sphinxen reihen sich zu hunderten aneinander, selbst Tempelbauten finden sich aneinander anschließend in größerer Anzahl am selben Orte, wie z. B. in Karnak, dem größten Ruinenfeld der Erde. Abbildung 22 bringt den Haupttempel zu Karnak. Seine Länge von der ersten Riesenpforte (Pylon) beträgt 365 m, die Breite bei der ersten Riesenpforte 113 m. Er bedeckt ein Rechteck im Verhältnis von $2\,R : b$ oder $\sqrt{5} : \frac{\sqrt{2}}{2}$ $\left(360 : 113 = \sqrt{5} : \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$. Die Riesenpforte hat eine Höhe von 44 m. Breite zur Höhe verhalten sich wie

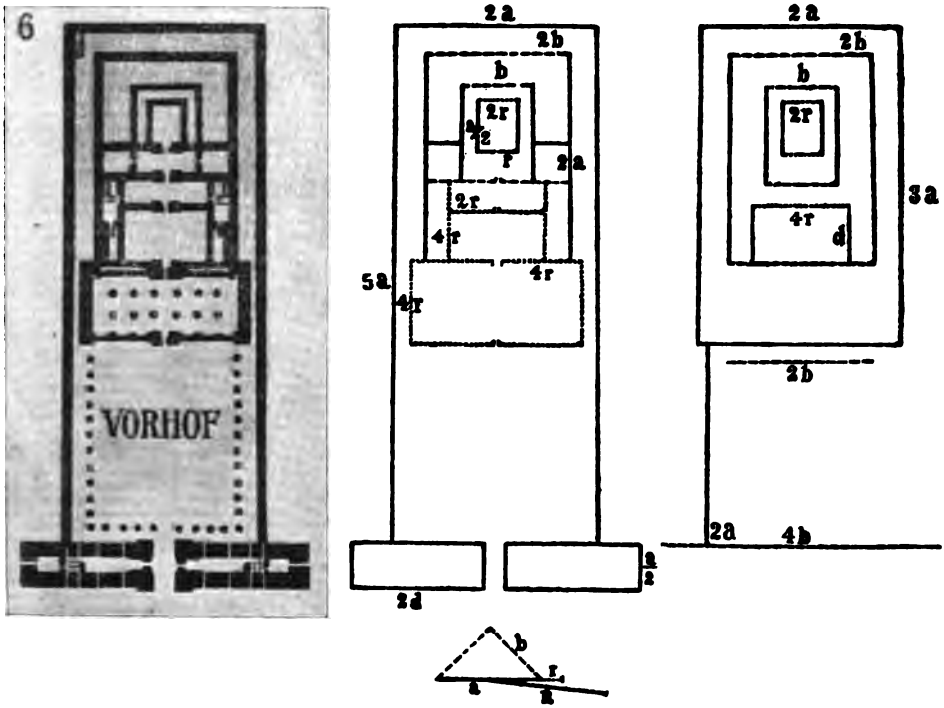
$113 : 44$ oder $2\,b : \frac{R}{2}$ oder $\sqrt{2} : \frac{\sqrt{5}}{4}$ $\left(113 : 44{\cdot}5 = \sqrt{2} : \frac{\sqrt{5}}{4}\right)$. Die Riesenpforte führt in den Portikus, welcher 100 m lang, 90 m breit ist



Abbild. 22. Grundriß des Haupttempels zu Karnak.
Nach Warnecke.

$\left(100 : 89{\cdot}4 = \frac{\sqrt{5}}{2} : 1\right)$, links ein Heiligtum Seti II. einschließt; rechts schneidet ein anderes, von Ramses II. erbaut, in die Umfriedung ein. Letzteres ist ebenfalls rechteckig, im Verhältnis von $\sqrt{5} : 1$. Eine zweite

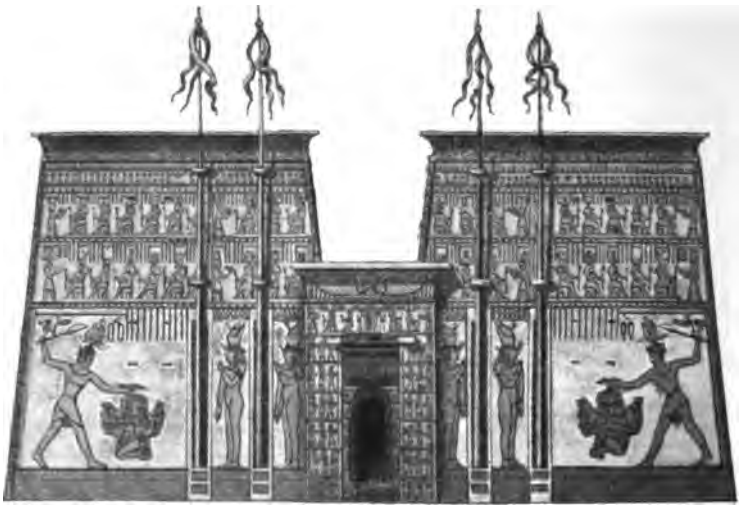
Riesenpforte oder Pylon führt zum Wunder von Karnak, zu dem von 134 Säulen getragenen Hypostyl. Das erhöhte Mittelschiff des Hypostyls wird von 12 Säulen, die 21 m hoch sind und 3·57 m Durchmesser haben, gestützt $\left(21 : 3{\cdot}88 = \frac{\sqrt{5}}{2} : \frac{\sqrt{2}-1}{2} \text{ oder } R : r\right)$. Dieser Teil des Tempels, Portikus und Hypostyl samt Riesenpforte, wird von einem Rechteck im Verhältnis von $R : b$ oder $\sqrt{5} : \sqrt{2}$ umschlossen. Der andere Teil, der nach dem Grundriß ebenfalls als für sich be-



Abbild. 23. Grundriß des Horustempels in Edfu. Nach Kuhn und nach dem harmonischen Dreieck.

stehend betrachtet werden kann, wird von einem Rechteck im Verhältnis von 2 : 3 eingeschlossen. In diesen führen zwei Riesenpforten, die des Amenophis III. und des Thutmes I. Die Umfassungsmauern bergen eine fast unübersehbare Anzahl von Säulen, Gemächern und Hallen, von welchen die größte im Hintergrunde 20 Säulen in zwei Reihen und 32 sie umschließende Pfeiler zählte. Der ägyptische Tempel ist eigentlich kein festgeschlossener Bau, sondern er umfaßt einen ganzen Bezirk von offenen und geschlossenen Räumen. So war es im mittleren Reiche, wie die Ruinen bei Karnak und Luksor zeigen.

In der Epoche der Ptolemaeer macht sich der griechisch-römische Einfluß geltend, der eine Vereinfachung in der Anlage herbeiführte. Aus dieser Zeit stammt der große und guterhaltene Tempel des Horus in Edfu in Oberägypten (Abbild. 23, 24 und 25). Der Grundriß ist ein längliches Rechteck 2 : 5, dem eine Riesenpforte vorgelagert ist. Der eigentliche Tempel ohne Vorhof und Pforte hat einen rechteckigen Grundriß im Verhältnis von 2 : 3. Durch Ineinanderschachteln weiterer vier Rechtecke, die unschwer heraus-

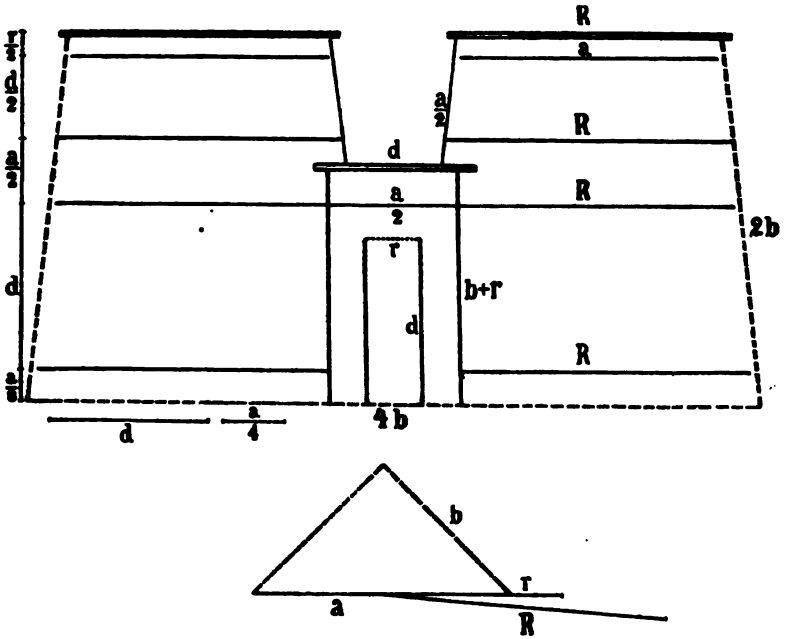


Abbild. 24. Ansicht der Riesenpforte (Pylon) des Horustempels in Edfu. Nach Warnecke.

zufinden sind, und Verbindungsmauern entstanden die zahlreichen Räume und Gänge. Das kleinste innerste Rechteck birgt das Heiligtum. Die Schmalseiten der Rechtecke stehen in den Verhältnissen $2a : 2b : b : d : 2r$ oder $2 : \sqrt{2} : \frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{\sqrt{5}-1}{2} : \sqrt{2}-1$. Der quadratische Vorhof hat die Länge $2a$, die beiden Säulenreihen stehen in der Entfernung $2b$. Die Breite der Riesenpforte beträgt $4b$. Der Grundriß des Horustempels in Edfu ist ein Beispiel, wie durch Wiederholung ein und derselben Grundform in verschiedener Größe eine komplizierte Anlage eines Baues entstehen kann. Zweifelsohne sind die fast unentwirrbaren Anlagen der älteren Tempel auf ähnlichem Wege entstanden.

Die Riesenpforte (Pylon) des Horustempels (Abbild. 24) besteht aus zwei turmähnlichen Flügeln, zwischen denen die eigentliche

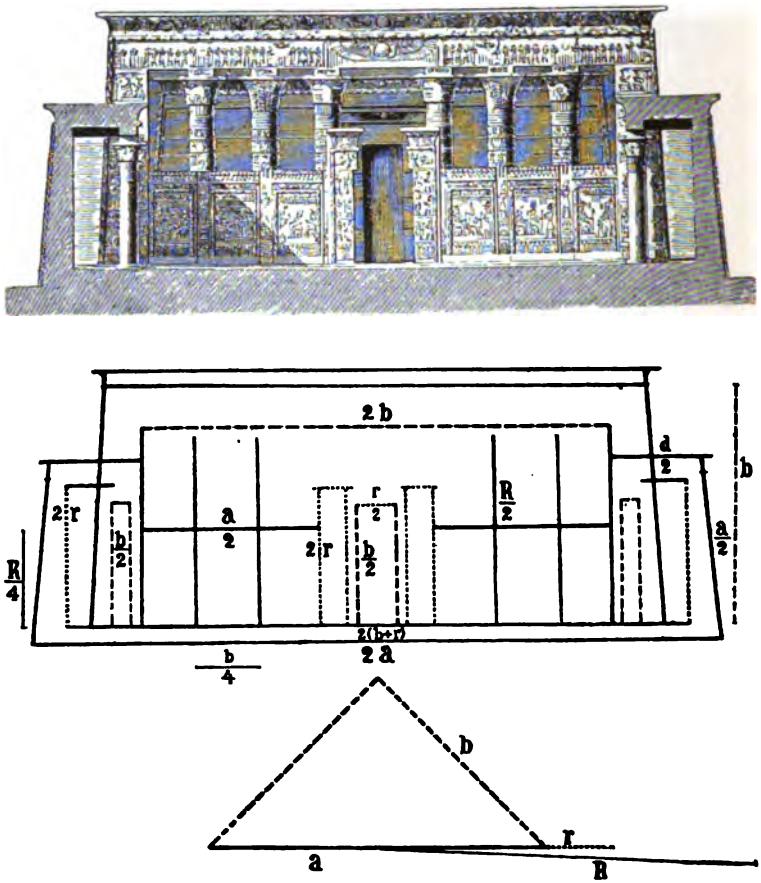
Pforte liegt. Die Flächen des Baues sind mit bunt bemalten Bilderreihen und Hieroglyphen bedeckt, die den Mangel der architektonischen Gliederung etwas ersetzen. Die Bilder, entweder in Flach- oder Hohlrelief, erzählen die Taten der Götter und Könige meist in überschwenglicher Weise. Der König wird als Sieger über das feindliche Heer dargestellt, indem er einen Menschenknäuel bei den Haaren packt und mit dem Schwerte zuschlägt. Ein Kranzgesims aus Hohlkehle und Platte schließt die Wände nach oben ab. Es ist R lang, wenn die Grundlinie entsprechend dem Grundriß $4\,b$ ist. Die Höhe ist $2\,b$, sie wird noch durch die Flaggenstangen, von denen bei festlichen Gelegenheiten bunte Wimpeln flatterten, erhöht, so daß die



Abbild. 24. Ansicht der Riesenpforte (Pylon) des Horustempels in Edfu. Nach dem harmonischen Dreieck.

Ansicht von einem Rechteck $2\,b : a$ statt des niedrigen $4\,b : 2\,b$ umrahmt wird. Das eigentliche Portal ist $b + r$ hoch, $\frac{a}{2}$ breit, die Türlichte d hoch, r breit. Die Ansicht des Horustempels (Abbild. 25) zeigt schon eine reichere architektonische Gliederung als der Pylon. Die Mauern zeigen die typische Abböschung, die nicht aus einem konstruktiven Bedürfnis hervorgegangen sein dürfte, sondern auf eine von dem Baue der Nilkanäle übernommene Gepflogenheit zurück-

zuführen ist. Die Maße, Länge und Breite sind durchwegs harmonisch. Die kleine Säule $\frac{b}{2}$ gehört dem Vorhofe an. Die Abbildung gewährt auch einen Einblick in die Bauweise der Ägypter. Die Konstruktion beruht auf der Mauer, den Pfeilern und den Säulen, welche



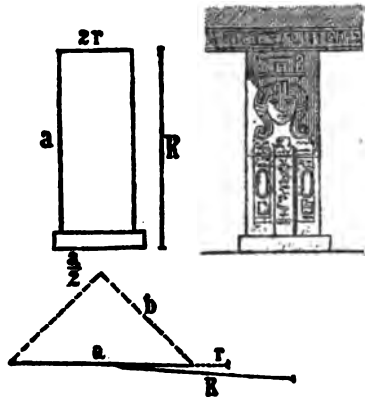
Abbild. 25. Ansicht des Horustempels in Edfu. Nach Kuhn und nach dem harmonischen Dreieck.

durch gerade, horizontal aufliegende Balken verbunden werden. Alle Bauten sind mit flachen Dächern oder Terrassen eingedeckt. Als Baumaterialien kamen Granit, Sand und Kalkstein, Alabaster, Ziegel und Holz in Verwendung. Granit diente hauptsächlich zur Verkleidung. Die Ziegel wurden aus Nilschlamm und Strohhäcksel geknetet und

an der Sonne getrocknet. Sie hatten eine Länge von 0·38 m, eine Breite von 0·18 m und eine Dicke von 0·12 m $(38 : 19 : 12 = \sqrt{5} : \frac{\sqrt{5}}{2} : \frac{\sqrt{2}}{2})$.

Pfeiler und Säulen

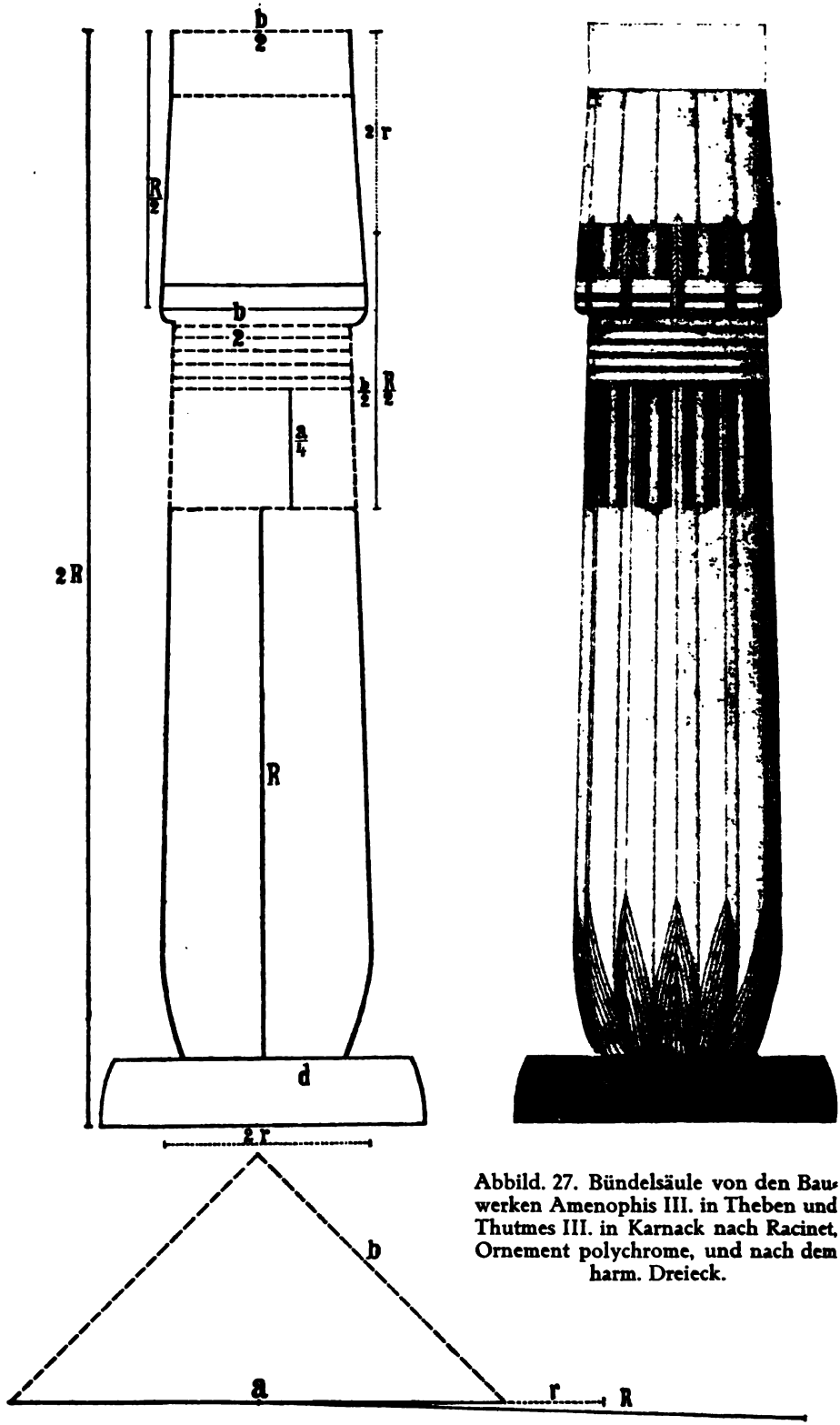
sind die vertikalen Glieder der Konstruktion, die tragenden und stützenden. Sie ragen unter den einzelnen Baugliedern durch Größe und Schönheit hervor. Ihnen hat der Künstler besonderes Augenmerk zugewendet, die Phantasie war hier sehr tätig. Meist sind sie über und über mit Bildern und Hieroglyphen geschmückt. Die Vorbilder zur Säule stammen aus der Pflanzenwelt, z. B. Papyrusstaude, Dattelpalme und Lotos. Im alten Reiche war nur der Pfeiler bekannt. Der Hathorpfeiler (Abbild. 26), so benannt, da alle vier Seiten mit dem Kopfe der Göttin Hathor geschmückt sind, ruht auf einer quadratischen Platte. Die Höhe des Pfeilers ist R, die Dicke $2r$, die Länge einer Seitenkante a und die Platte $\frac{a}{2}$. Höhe zur Dicke verhält sich wie $\frac{\sqrt{5}}{2} : \sqrt{2} - 1$.



Abbild. 26. Hathorpfeiler. Nach Kuhn und nach dem harm. Dreieck.

Unter den Säulen unterscheidet man zwei Ordnungen: die mit dem geschlossenen Lotoskapitell und die mit der offenen Lotosblüte. Die Bündelsäule von den Bauwerken Amenophis' III. in Theben und Thutmes' III. in Karnak (Abbild. 27) hat ein geschlossenes Lotoskapitell. Der Schaft besteht aus einem Bündel von Stengeln oder Stämmen, welche oben durch Ringe oder Bänder zusammengeschnürt sind. Am Fuße ist ein Blätterschmuck, Wurzelblätter, der an den ursprünglichen formgebenden Gedanken erinnert. Die Einziehung des Schaftes am Grunde wird der statischen Bedeutung der Säule nicht gerecht. Die Höhe der Säule ist $2R$, ihr Durchmesser $2r$, die Länge des Kapitells $\frac{R}{2}$.

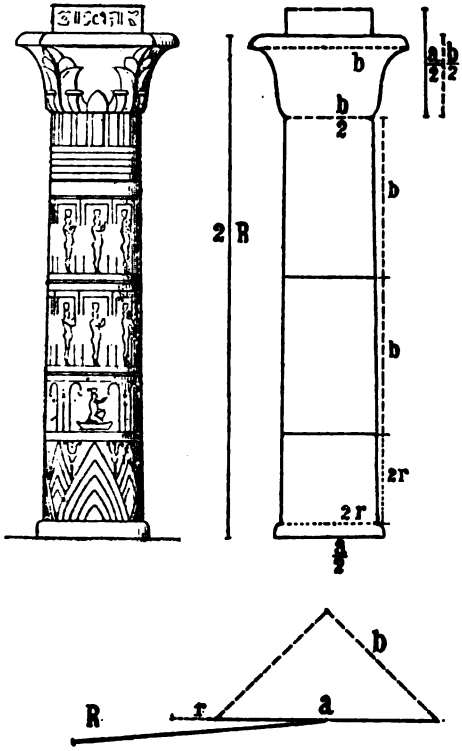
Auch sonst zeigt sich in den Linien und in der Anordnung der Bilder Harmonie, wenn auch nicht so vollständig und einfach wie bei der nächsten abgebildeten Säule (Abbild. 28) aus dem Tempel des Osiris zu Philae. Höhe zum unteren Säulendurchmesser verhält sich ebenfalls wie $R : r$ oder $\sqrt{5} : \sqrt{2} - 1$. Das Kapitell ahmt eine geöff-



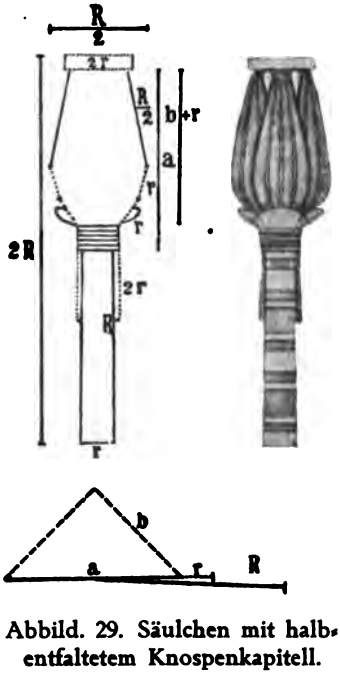
Abbild. 27. Bündelsäule von den Bauwerken Amenophis III. in Theben und Thutmes III. in Karnack nach Racinet, Ornement polychrome, und nach dem harm. Dreieck.

nete Lotosblüte nach. Den Grund des Schaftes umhüllen ebenfalls Wurzelblätter. Der Schaft hat eine Länge von $2\,(b + r)$ und ist durch Zeichnungen in harmonische Teile gegliedert.

Abbildung 29 zeigt ein Säulchen mit halbentfaltetem Knospenkapitell, wie sie in den Gräbern verwendet wurden. Die Basis fehlt.



Abbild. 28. Säule aus dem Tempel des Osiris zu Philae. Nach Bühlmann, Tafel I und nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 29. Säulchen mit halbentfaltetem Knospenkapitell. Nach Racinet, Ornement polychrome, und nach dem harm. Dreieck.

Durch mehrere Ringe sind an den Schaft junge Triebe angeheftet. Höhe verhält sich zum Durchmesser des Schaftes wie $2\,R : r$.

Die ägyptische Baukunst wirkt vor allem durch das Kolossale und durch die ungeheueren Massen, die gleichsam aufeinandergetürmt erscheinen, sowie durch Wiederholung gleichartiger Bauten. In diese Kolossalbauten harmonische Anordnung hineinzulegen, sie harmonisch zu gliedern, war keine leichte Aufgabe. Daß dies größtenteils den ägyptischen Baumeistern gelang, ist jedenfalls ein Zeichen ihrer Be-

gabung, um so mehr, als sie sich an keine Vorbilder anlehnen konnten, sondern aus sich, ohne Lehrmeister, entwickeln mußten. Die horizontale Linie ist durchwegs vorwiegend. Das Rechteck ist im Aufriß immer auf die Breitseite gestellt, zum Teil bedingt durch die Schwierigkeit, so ungeheueren Massen entsprechende Höhenentwicklung zu geben, wie z. B. den Türmen des Abendlandes. Besondere Blüten trieb die ägyptische Baukunst in der Säule, ihren geschmackvollsten Bildungen, die sowohl in ihren Größenverhältnissen, als in der Ausschmückung durch Bilder und Hieroglyphen harmonisch sind.

2. Der griechische Baustil.

Die alten Griechen sind das erste Volk, dem das Wesen der Schönheit geoffenbart wurde, welches einen eigenen, in sich abgeschlossenen, einheitlichen Stil ausprägte. Klimatische und wirtschaftliche Verhältnisse sind auf die Kunst ganz sicherlich von großem Einfluß, aber nicht ausschlaggebend. Wenn von der Kunst der alten Griechen behauptet wird, daß äußere Verhältnisse entscheidend waren, so geht man hierin zu weit und vergißt, daß auch andere Völker unter ebenso günstigen Umständen lebten und es doch nie zu einer so hohen Kunstentwicklung brachten wie die Griechen. Die Veranlagung und Begabung zur Kunst sind das Wesentliche, die äußeren Verhältnisse spielen nur eine fördernde oder hemmende Rolle. Ein Volk, aus dessen Mitte Plato hervorging, welches seine Ideenlehre aufnahm und verstand, war auch befähigt, die Idee möglichst rein und unverhüllt in sinnlicher Form zum Ausdruck zu bringen. Der ausgesprochene Schönheitssinn der Griechen, die Gesamtheit seiner Begabung und Originalität befähigten ihn zu solchen Kunstwerken, die unerreicht sind und Jahrtausende hindurch auf die Kunst anderer Völker befruchtend wirkten.

Wenn auch heute nachgewiesen ist, daß die griechischen Kunstwerke manche Anklänge an die der Ägypter, Assyrier und Babylonier aufweisen, so sind sie doch durchaus originell. Die Griechen schieden aus der großen Zahl fremdländischer Elemente Unbrauchbares aus und behielten anderes bei, um es umzuformen und umzubilden und in ganz eigentümlicher Weise miteinander zu verbinden. Die Kunst der Griechen ist aber keine Nachahmung oder Weiterführung der Kunst anderer, wie die römische gegenüber der griechischen, sondern durchaus neu und originell. Der Schönheitssinn des Griechen konnte weder an der asiatischen Üppigkeit und Prachtliebe, noch an dem Kolossalen der Ägypter Wohlgefallen finden, er bevorzugte die Einfachheit, die ja

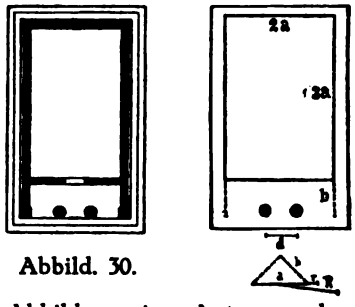
bei den größten und schönsten Baudenkmälern der Griechen, den Tempeln, zum Ausdruck kam.

Als einer der größten Vorzüge der griechischen Kunst ist, daß sie nicht einseitig national ist. Daher ist sie anderen Völkern leicht verständlich und nicht fremdartig, wie die Kunstwerke der Ägypter und Inder. Sie spricht in der einfachsten, unmittelbarsten und nächstliegenden Formensprache. Sie ist mustergültig und klassisch.

Die meisten griechischen Künstler waren befähigt, nicht nur in einer Kunst Großes zu leisten, sondern in allen oder mehreren. Sie waren zugleich Baumeister, Bildhauer und Schriftsteller wie Polyklet oder Baumeister, Musiker und Dichter und Erzgießer wie Gitiadas aus Lakedämon oder Baumeister, Bildhauer und Maler wie Phidias. Nur in der Renaissance begegnet man wieder einer solchen Gesamtheit oder Totalität der Begabung (Michelangelo, Rafael, Leonardo da Vinci).

Die Baukunst der Griechen ist in erster Linie religiös. Der Tempelbau ist, wie bei allen Kulturvölkern, auch den Griechen die wichtigste Aufgabe der Baukunst. Der Tempel soll aber nicht durch seine Größe, sondern durch seine Schönheit, durch seine Verhältnisse und Formen wirken. Er ist ja auch nicht das Versammlungshaus der Gemeinde, sondern die Wohnung des Gottes, respektive des Bildes der Gottheit und ihrer Weihgeschenke. Die griechischen Tempel halten sich daher innerhalb bescheidener Maße.

Der ursprünglichste Teil und eigentlich Kern des Tempels ist die Cella, ein kleines rechteckiges Haus von vier Wänden, überdeckt von einem flachen Giebeldach. Die einfachste Form des Tempels besteht nur aus der Cella und einer Halle, die dadurch entsteht, daß die beiden Längswände an der Eingangsseite vorspringen. Den Abschluß der vorgeschobenen Mauern bilden viereckige Pfeiler, Anten genannt, zwischen denen gewöhnlich zwei Säulen stehen. Abbildung 30 stellt einen solchen Antentempel (templum in antis) dar. Das Verhältnis der Breite zur Länge der rechteckigen Cella ist 2 : 3. Diese rechteckige Form ist die ursprünglichste. Aus dem Antentempel entwickelte sich der Prostylos mit einer Vorhalle, die nach den Seiten geöffnet ist. Die klassische Form ist der Peripteros (Abbild. 36, 39) mit ringsumgehender Säulenhalle. Die Cella,



Abbild. 30.

Abbildung eines Antentempels. Nach Nöthing und nach dem harm. Dreieck.

respektive das Tempelhaus wird an beiden Seiten gleichsam eingedrückt. Noch schmäler wird sie beim Dipteros, der eine doppelte umlaufende Säulenstellung besitzt. Aus der Cella entwickeln sich bei größeren Tempeln zwei Räume, die eigentliche Cella und das Hinterhaus (Opisthodomos), welches zur Aufbewahrung des Tempelschatzes diente.

Die wichtigsten Teile des Aufbaues sind die Stufenterrasse, die einen breiten, massigen Unterbau darstellt, wodurch der Tempel über die Landschaft emporragen soll. Auf ihr erhebt sich der aufstrebende und stützende Teil, die Mauer und die Säule. Die Mauer ist hauptsächlich raumumschließend. Die Säule ist die vollendetste Schöpfung der Stütze oder des Tragens. Auf ihr ruht das Dachgebälk, das aus drei Teilen besteht, dem Architrav, einem einfachen massigen Balken, darüber der Fries (Bilderträger) und zuoberst das Kranzgesims. Dem Gebälk ist meist ein Giebel aufgesetzt. Unterbau, Säule und Gebälk bilden die drei Hauptteile, aus denen jeder Tempel zusammengesetzt ist. Jeder Bau zeigt im einzelnen manche abweichende Formen, aber die drei Elemente der Konstruktion sind immer die gleichen.

Die Säule.

Der Unterschied zwischen den drei Säulenordnungen prägt sich vor allem in dem verschiedenen Aussehen der Säulen aus, da man entsprechend ihrer Aufgabe und Bedeutung ihr das Hauptaugenmerk zuwendete. Ist sie doch die allereinfachste, vollendetste, nur durch ihren Zweck bestimmte Form der Stütze und des Tragens. Als Individuum oder Organismus,[1] der aber keinen andern Organismus nachformt, wurde sie oft mit dem menschlichen Körper verglichen und auch bisweilen an ihre Stelle der menschliche Körper gesetzt.[1]) Sie gliedert sich in drei Teile: 1. Basis oder Fußgestell, 2. Schaft und 3. Kapitell.

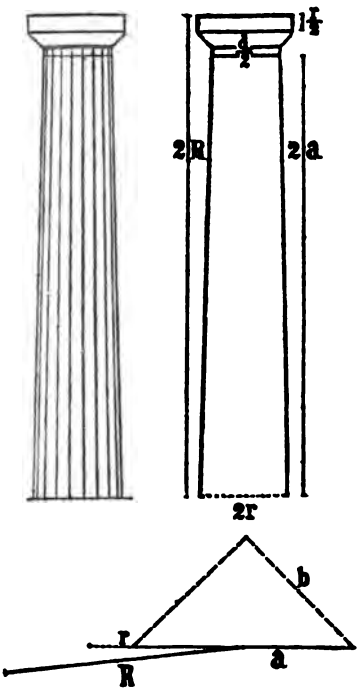
Der Schaft ist der wesentliche Bestandteil der Säule. Seine Verjüngung nach oben gibt der Säule den Schein des sicheren Stehens, der noch durch rinnenartige Vertiefungen oder Kannelierungen verstärkt wird. Die Verjüngung der Säule vollzieht sich nicht geradlinig, sondern in einer sanft und elastisch geschwungenen Kurve, Schwellung (Entasis) genannt, die ihr Elastizität und inneres Leben verleiht.

Das Kapitell vermittelt zwischen dem aufstrebenden Schaft und der aufruhenden Last des Gebälkes. Es bildet auch den Übergang

[1]) Karyatidenhalle des Ereichtheion in Athen.

aus der runden in die eckige Form. Je nach der Form der Säule und des Gebälkes werden drei Säulenordnungen oder drei Baustile unterschieden: die dorische, jonische und korinthische.

Die dorische Säule (Abbild. 31) erhebt sich unmittelbar aus dem Säulenstand (Stylobat) ohne eigentliches Fußgestell. Der Schaft weist 16 bis 20 Kannelierungen auf. Das obere Ende des Schaftes ist durch einen oder mehrere tiefe Einschnitte gekennzeichnet und bildet den Hals der Säule, der auf den Kopf, das Kapitell, vorbereitet. Dieses besteht aus einer quadratischen Deckplatte, dem Abakus, und dem an den Schaft anschließenden scheibenförmigen Echinus, der nach oben konisch breiter wird. Ein besonderes Interesse bietet das Verhältnis der Säulenhöhe zum Durchmesser oder Umfang und zum Abstand der Säule. Seit der Renaissancezeit ist für sämtliche Säulenordnungen als Einheit oder Modul der untere Säulenhalbmesser gebräuchlich geworden, der gewöhnlich in 30 Partes eingeteilt wird.



Abbild. 31.
Säule vom Parthenon in Athen. Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

Das Verhältnis des Säulenhalbmessers zur Höhe kann sehr einfach durch den harmonischen Kreis ermittelt werden, indem man die Höhe als $2R$ annimmt. Die Höhe der Säule des Parthenon in Athen (Abbild. 31) verhält sich zum Durchmesser wie $2R : 2r$. Der Schaft bis zum Einschnitt (Hals) ist $2a$ lang, der Abakus $\frac{r}{2}$ hoch.

Die Säule aus dem Poseidontempel zu Paestum, der aus der Frühzeit stammt und den Bauten angehört, welche den Übergang zum fertigen dorischen Stil kennzeichnen, ist wuchtig und schwerfällig, sie hat dasselbe Verhältnis wie die Säule aus dem Osiristempel (Abbild. 28), nämlich $2R : \frac{a}{2}$. Die dorischen Bauten aus der Blütezeit haben schlanke Säulen wie der Parthenon, so die Säulen des Tempels der Athene auf Aegina, der Diana Propylaea zu Eleusis und des Theseus zu Athen.

Wie genau das Verhältnis $2R : 2r$ bei der Säule des Parthenon ist, zeigen folgende Zahlen:

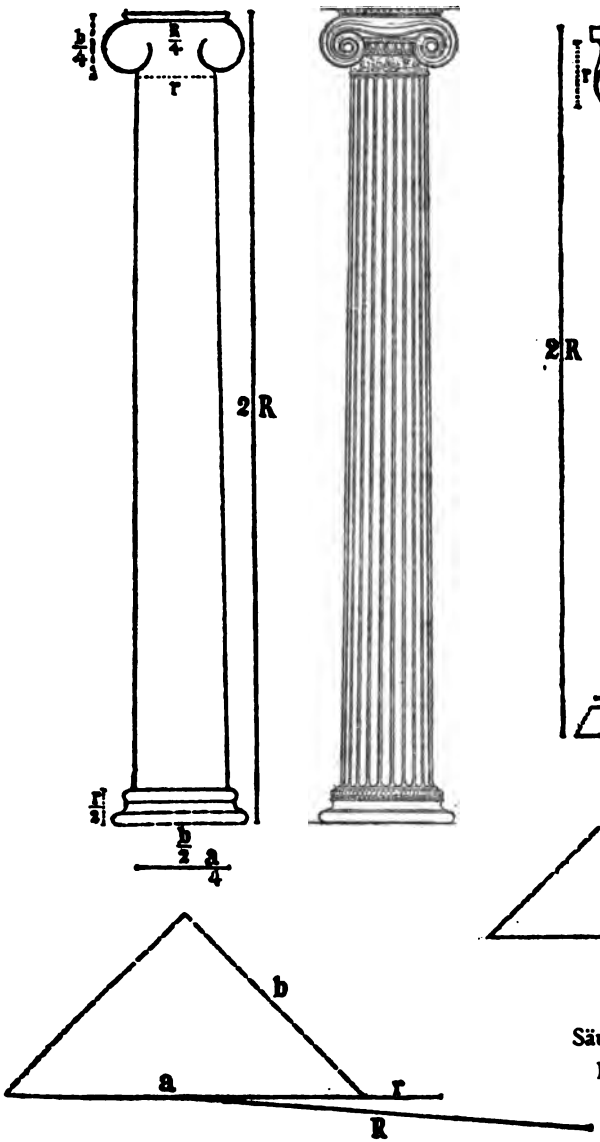
Höhe der Säule	10·7 m	$2R = 10·7$	Abweichung	0·0
Unterer Säulendurchmesser	1·9 »	$2r = 1·99$	»	0·09
Oberer »	1·425 »	$\frac{d}{2} = 1·478$	»	0·053

Daß auch der Säulenabstand harmonisch ist, soll folgende Tabelle zeigen:

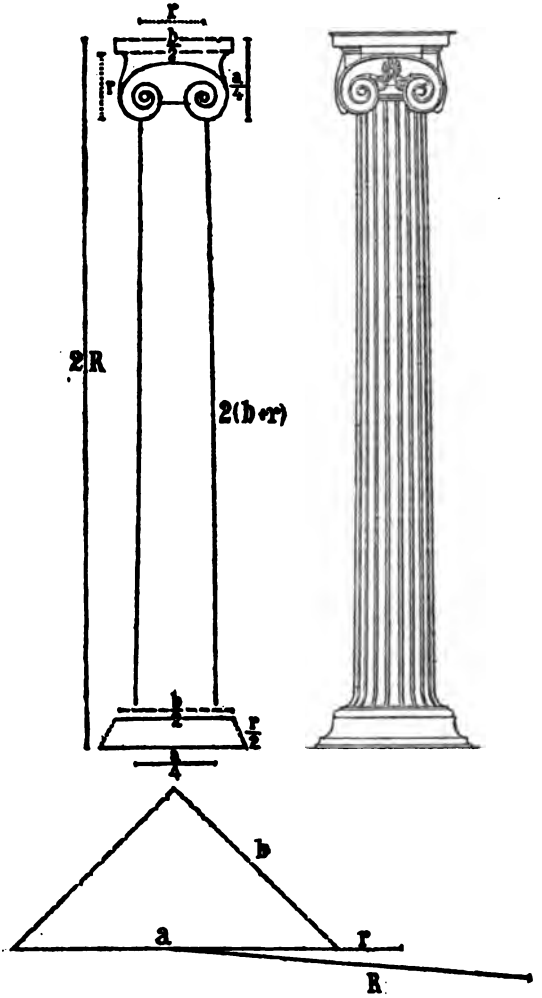
	Säulenhöhe	Unterer Säulendurchmesser	Säulenabstand	Verhältnis, wenn $a = 1$
Poseidontempel zu Paestum .	$2R$	$\frac{a}{2}$	R	$\sqrt{5} : \frac{1}{2} : \frac{\sqrt{5}}{2}$ oder (2·23:0·5:1·116)
Parthenon . . .	$2R$	$2r$	$b+r$	$\sqrt{5} : \sqrt{2}-1 : 2\sqrt{2}-1$ » (2·23:0·42:1·8)
Athenetempel auf Aegina . .	$2R$	$2r$	$b+r$	$\sqrt{5} : \sqrt{2}-1 : 2\sqrt{2}-1$ » (2·23:0·42:1·8)
Theseustempel in Athen . . .	$2R$	$2r$	$b+r$	$\sqrt{5} : \sqrt{2}-1 : 2\sqrt{2}-1$ » (2·23:0·42:1·8)

Die jonische Säule (Abbild. 32, 33). Ihre Vorläufer scheinen in Assyrien (Ninive) zu sein, während die der dorischen in Ägypten sind. Die jonischen Säulen wachsen nicht ohne eigene Basis aus dem Säulenstand heraus, respektive haben nicht den Säulenstand oder die oberste Stufe des Unterbaues gemeinsam als Basis wie die dorischen, sondern jede hat ihr eigenes Fußgestell, das aus einer viereckigen Platte und ein oder mehreren kannelierten Wülsten mit dazwischenliegenden Hohlkehlen besteht oder wie die attische aus zwei Wülsten von ungleichen Durchmessern und einer dazwischenliegenden Hohlkehle und Plättchen sich zusammensetzt. Der Schaft ist schlanker als bei der dorischen. Die Höhe der Säule beträgt 8—10 untere Durchmesser, bei der dorischen nur 4—7.

Das charakteristische Merkmal der jonischen Säule bildet das Kapitell, das durch eine Perlschnur mit dem Schaft verknüpft ist. Der Echinus, der auch Eierstab genannt wird, tritt nur an der Vorder- und Rückseite des Kapitells zum Vorschein. Darüber ist ein Polster gelegt, welcher sich an beiden Seiten, in der Richtung des Architravs gleichsam infolge einer inneren Federkraft unter dem Drucke des lastenden Gebälkes in schön geschwungene Spiralen oder Voluten einwärts aufrollt (Abbild. 32). Die Höhe der Säule des Ereichtheion ist $2R$, der



Abbild. 32. Säule von Ereichtheion in Athen. Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 33. Säule vom Apollotempel in Phigalia. Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

untere Durchmesser $\frac{a}{4}$, die Höhe des Schaftes $2a$, des Kapitells $\frac{b}{4}$, seine Breite $\frac{b}{2}$ wie die der Basis.

Abbildung 33. Säule vom Apollotempel in Phigalia hat ein Kapitell, dessen Polster durch die Wölbung nach oben von den üblichen abweicht. Das Verhältnis der Höhe zum Durchmesser ist $2R : \frac{a}{4}$, die Basis ist $\frac{b}{2}$ breit. Beistehende Tabelle gibt von einigen Säulen die Verhältnisse ihrer Höhe und den Säulenabstand.

	Säulenhöhe	Unterer Säulendurchmesser	Säulenabstand	Verhältnis, wenn $a = 1$
Tempel der Nike apteros in Athen .	$2R$	$\frac{R}{4}$	$b+r$	$\sqrt{5} : \frac{\sqrt{5}}{8} : 2\sqrt{2}-1$ oder (2·23 : 0·28 : 1·8)
Ereichtheion in Athen	$2R$	$\frac{a}{4}$	$4r$	$\sqrt{5} : \frac{1}{4} : 2(\sqrt{2}-1)$ » (2·23:0·25:0·82)
Apollotempel zu Phigalia	$2R$	$\frac{a}{4}$	a	$\sqrt{5} : \frac{1}{4} : 1$ » (2·23 : 0·25 : 1)
Tempel der Athene Polias zu Priene . .	$2R$	$\frac{a}{4}$	b	$\sqrt{5} : \frac{1}{4} : \frac{\sqrt{2}}{2}$ » (2·23 : 0·25 : 0·7)
Tempel des Apollo Didymaeus zu Milet	$2R$	$\frac{a}{4}$		$\sqrt{5} : \frac{1}{4}$ » (2·23 : 0·25)
Artemision in Ephesus	$2R$	r		$\sqrt{5} : \frac{\sqrt{2}-1}{2}$ » (2·23 : 0·205)

Der stetige Fortschritt in den drei Säulenordnungen vom Massigen und Wuchtigen zum Schlanken und Anmutigen drückt sich am auffallendsten bei den Säulen aus. Der untere Durchmesser in den ältesten Bauten $\frac{a}{2}$ wird dann $2r$, $\frac{R}{4}$, $\frac{a}{4}$ und schließlich r, bezogen auf die gleiche Höhe, $2R$.

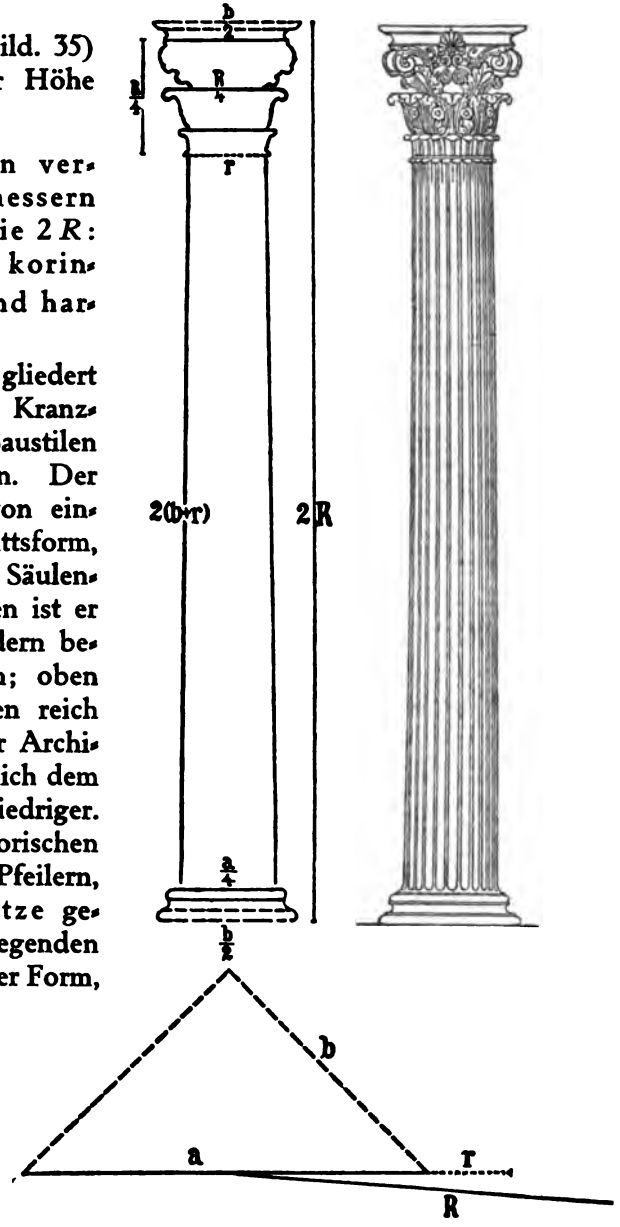
Die korinthische Säule (Abbild. 34) gleicht mit Ausnahme des Kapitells der jonischen. Die einfachste Form des korinthischen Kapitells besteht aus einem Kranz von gezackten und gerippten Akanthusblättern, aus dem ein zweiter Kelch von schilfartigen Spitzblättern hervorwächst. Bei entwickelten Kapitellformen steigen aus einem doppelten Kranze von Akanthusblättern Ranken empor, die sich zu zweien unter den Ecken der Deckplatten vereinigen und zu Spiralen zusammenrollen. Die dazwischenliegenden sichtbaren Teile des Kapitells werden mit palmettenartigen Verzierungen geschmückt. Siehe Abbildung 34, Säule vom Monument des Lysikrates in Athen. Die korinthischen Säulen des Turmes der Winde in Athen und von der

Stoa Hadrians zu Athen (Abbild. 35) haben dasselbe Verhältnis der Höhe zum Durchmesser $2R : \frac{a}{4}$.

Die Höhen der Säulen verhalten sich zu ihren Durchmessern bei den dorischen Säulen wie $2R : 2r$, bei den jonischen und korinthischen wie $2R : \frac{a}{4}$. Sie sind harmonisch.

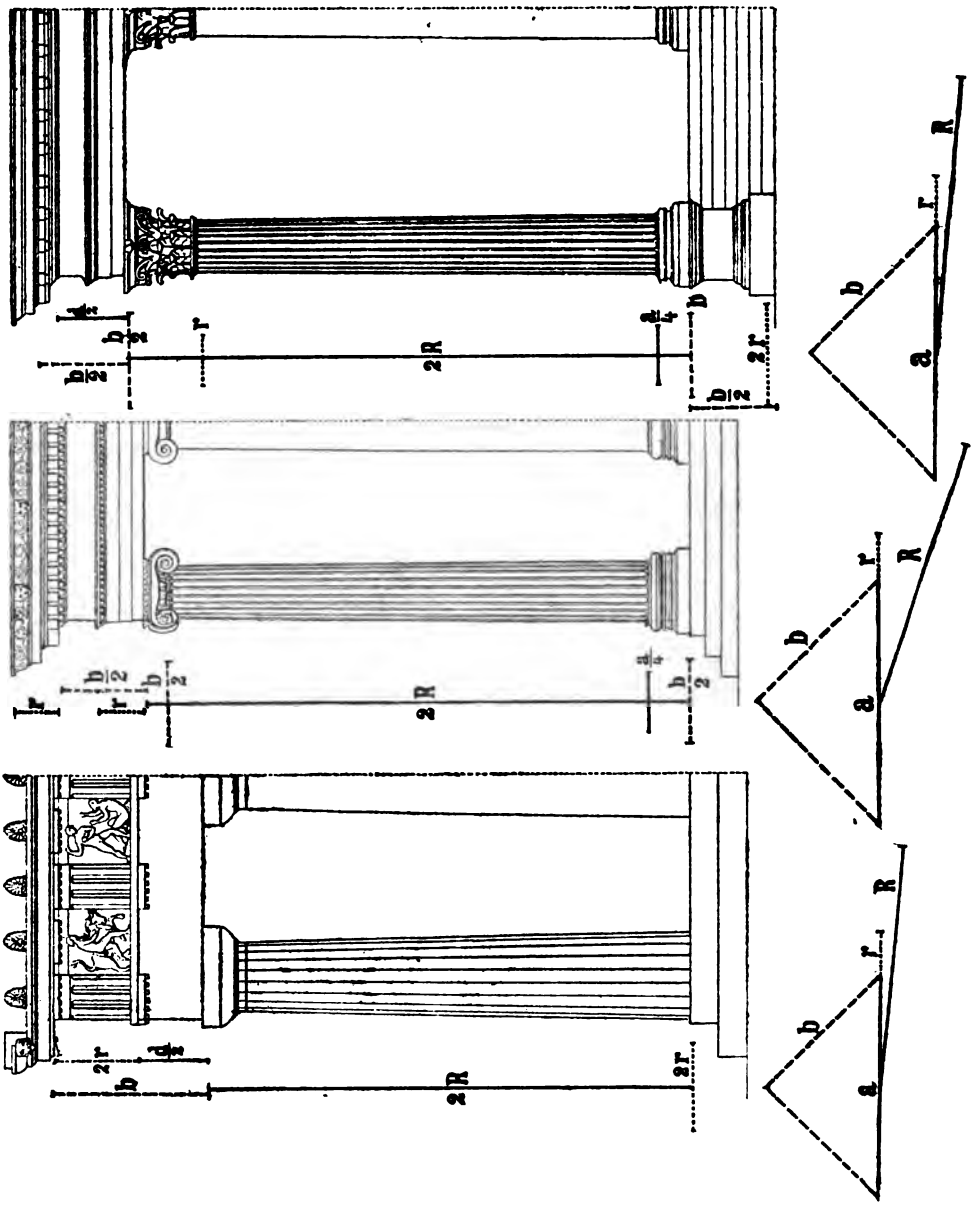
Das Gebälk (Abbild. 35) gliedert sich in Architrav, Fries und Kranzgesimse, die in den einzelnen Baustilen verschiedene Gestalt aufweisen. Der Architrav ist im dorischen von einfacher rechteckiger Querschnittsform, massig, meist ungeziert, $^3/_4$ des Säulendurchmessers hoch, im jonischen ist er etwas niedriger, aus drei Bändern bestehend, die etwas vorspringen; oben ist er mit einer hohlkehlartigen reich verzierten Leiste versehen. Der Architrav im korinthischen Stil ist ähnlich dem jonischen, meist noch etwas niedriger.

Der Fries besteht im dorischen aus einer Reihe von kleinen Pfeilern, Triglyphen oder Dreischlitze genannt, und den dazwischenliegenden Metopen, die, von quadratischer Form, tiefer liegen und meist mit Ornamenten oder plastischen Bildwerken geschmückt sind. Der jonische Fries hat keine Triglyphen, die Fläche ist für Bilderschmuck vollständig frei. Der korinthische gleicht dem jonischen, ihm fehlen aber meist die Bildwerke.



Abbild. 34. Säule vom Monument des Lysikrates. Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

Das Kranzgesims. Im dorischen befinden sich an der vorspringenden Hängeplatte über den Triglyphen und in der Mitte der Metopen die Tropfenplatten. Im jonischen ist das Kranzgesims



Abbild. 35.

Säulenstellungen. Dorische Säule vom Tempel des Theseus zu Athen, jonische Säule vom Tempel der Athena Polias zu Priene und korinthische Säule von der Stoa des Hadrian zu Athen. Nach Bühlmann.

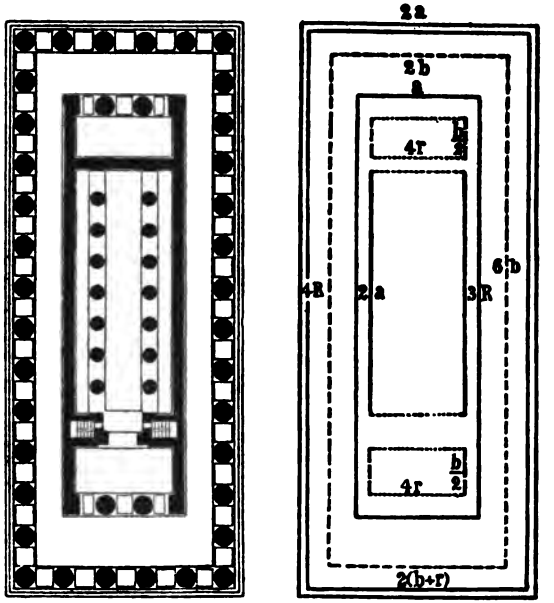
etwas reicher, im korinthischen noch reicher und geschmückter. Architrav und Fries herrschen im dorischen Gebälk vor, im jonischen und besonders im korinthischen treten sie auf Kosten des Kranzgesimses zurück. Die Säulenhöhe mit $2R$ angenommen, gibt folgende Verhältnisse, vgl. auch Abbildung 35:

	Höhe des Architravs und Frieses[1])	Höhe des Kranzgesimses	Verhältnis, wenn $a = 1$
dorisch	b	$\frac{a}{8}$	$\sqrt{2} : \frac{1}{4}$
jonisch	$\frac{b}{2}$	r	$\frac{\sqrt{2}}{2} : \sqrt{2} - 1$
korinthisch	$\frac{d}{2}$	$\frac{d}{4}$	$\sqrt{5} - 1 : \frac{\sqrt{5}-1}{2}$

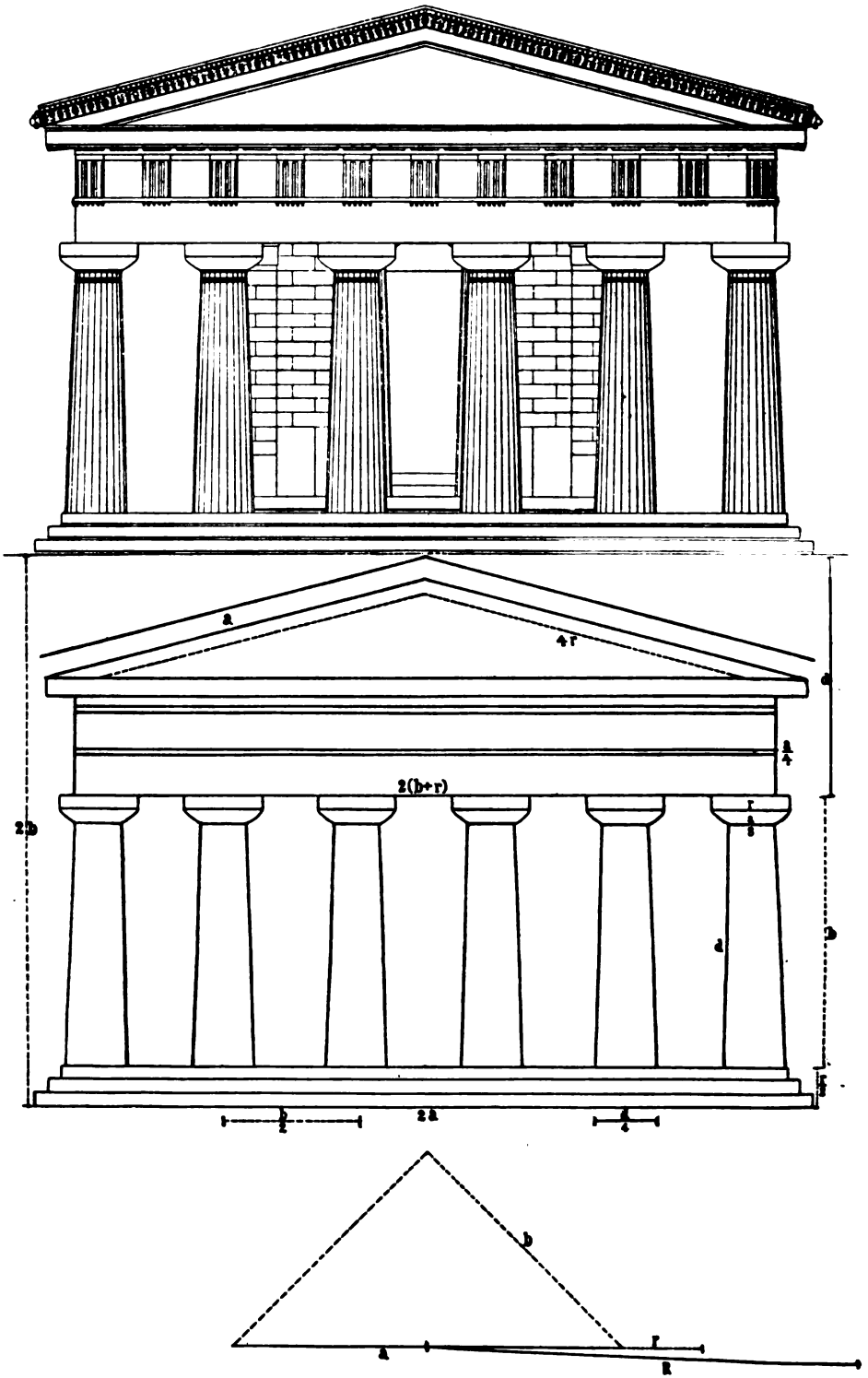
[1]) Architrav und Fries erscheinen dem Beschauer als Ganzes.

Denkmale des dorischen Stiles.

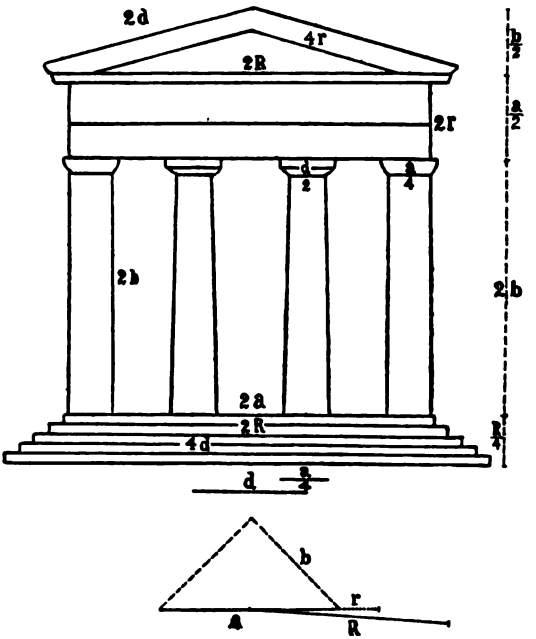
Der Poseidontempel zu Paestum (Abbild. 36, 37) stammt aus der ersten Epoche dorischer Baukunst. Er wurde um die Mitte des 6. Jahrhunderts v. Chr. erbaut und bildete den Übergang zum fertigen dorischen Stil. Paestum, früher Posidonia, lag an der Westküste Lacaniens in Unteritalien und wurde von einer Kolonie aus Sybaris gegründet. Der Poseidontempel gehört zu den besterhaltenen Bauten des Altertums, in seiner Nachbarschaft stehen noch Überreste des Demetertempels, der Basilika, eines Theaters und des Marktes. Der Grundriß (Abbild. 36) zeigt eine langgestreckte Cella, welche durch zwei Säulenreihen in ein schmales Mittel- und zwei Seitenschiffe geteilt ist.



Abbild. 36. Grundriß des Poseidontempels zu Paestum. Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 37. Restaurierte Ansicht des Poseidontempels zu Paestum.
Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 38.
Ansicht des Tempels der Diana Propylaea zu Eleusis.
Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

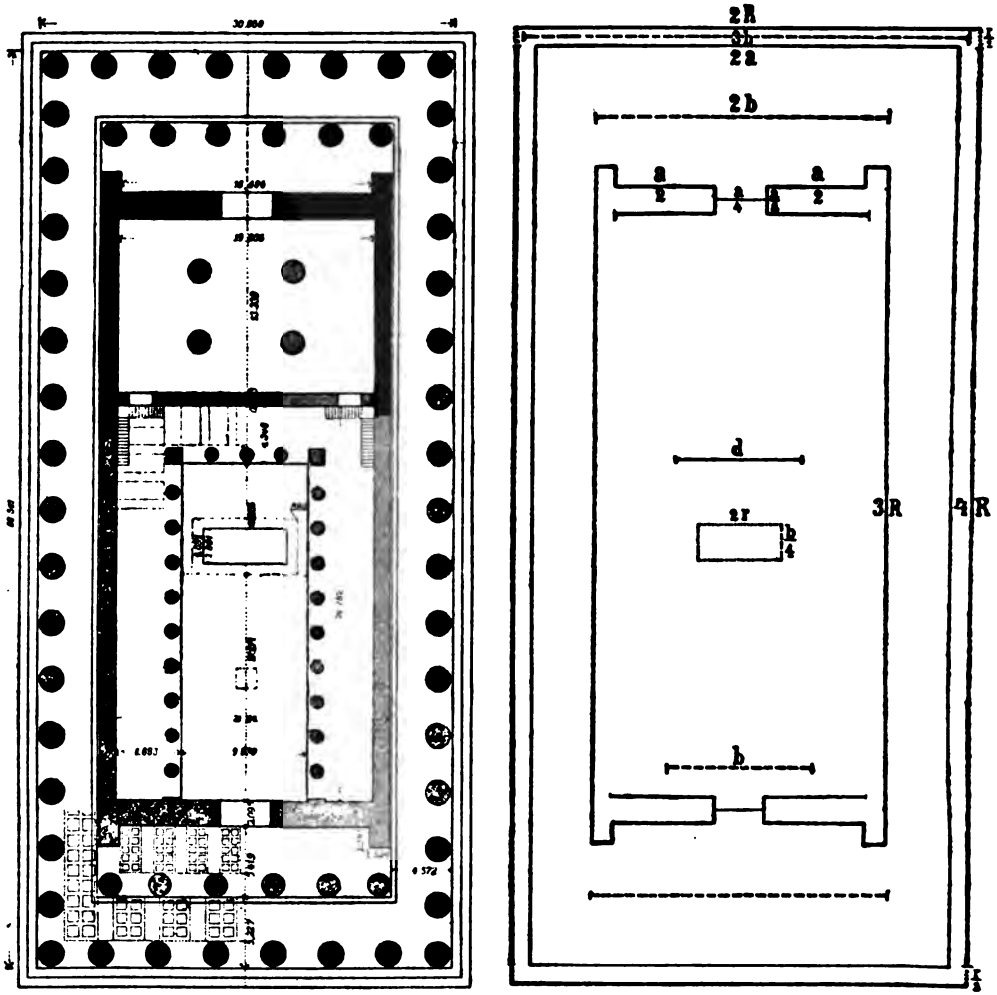
Die Breite des Tempels samt Unterbau ist $2a$, des Tempelhauses a, die Länge des Tempelhauses $3R$, der Cella $2a$, des Unterbaues annähernd $4R$. Die Breite des Vorhauses (Pronaos) $\frac{b}{2}$.

Die Ansicht (Abbild. 37) wird umrahmt von einem Rechteck $2a : 2b$. Der Unterbau ist $2a$ breit, die Höhe der Säulen b, des Architravs und Frieses $\frac{a}{4}$. Gebälk samt Giebel ist d hoch. Der Säulenabstand beträgt $\frac{b}{2}$, ihr unterer Durchmesser $\frac{d}{4}$. Der Neigungswinkel des Daches ist $14^0 = \frac{b}{4}$ (der rechte Winkel als R angenommen).

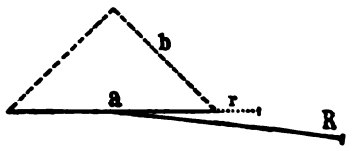
Der Tempel der Diana Propylaea zu Eleusis (Abbild. 38) ist ein vollendetes Muster eines Antentempels. Die Vorhalle mit den zwei dorischen Säulen zwischen den Pilastern war auf beiden Giebelseiten ganz gleichmäßig angeordnet. Die Cella ist ungefähr anderthalbmal so lang als breit (2 : 3). Gesamtlänge des Tempels ist 12 m, Breite 6·33 m. Die Breite des Tempelhauses $2a$ angenommen, gibt eine Säulenhöhe von $2b$, Höhe des Architravs und Frieses von $2r$, des Giebels $\frac{b}{2}$. Der Säulenabstand beträgt d.

Der Parthenon (Abbild. 39, 40). Auf der Akropolis von Athen erhob sich der schönste griechische Tempel, das vollendetste

Bauwerk des Altertums, das Heiligtum der Pallas Athene, der jungfräulichen Schutzgöttin Athens. Der Parthenon wurde unter Perikles, in der Zeit zwischen 447 und 434 v. Chr. erbaut, nachdem der frühere



Abbild. 39.
Grundriß des Parthenon in Athen.
Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.



Bau von den Persern zerstört wurde. Die Baumeister waren Iktinos und Kallikrates. Phidias führte mit seiner Schule die schöne bilderreiche Ausschmückung des Tempels aus, von ihm stammt auch das

15 m hohe Bildnis der Athene Parthenon, das 438 in der Cella aufgestellt wurde. Vom 5. bis 15. Jahrhundert diente der Tempel als Marienkirche, im Jahre 1460 wurde er in eine Moschee umgewandelt, im Jahre 1687 von den Venezianern durch eine Bombe, die den in der Cella aufgestapelten Pulvervorrat entzündete, zum Teil zerstört. Die Ruine wurde durch Lord Elgin der meisten Bilderwerke beraubt, der größte Teil der Giebelfiguren, der Metopen und des Frieses wurde ausgebrochen und nach London gebracht.

Der Grundriß (Abbild. 39) stellt ein längliches regelmäßiges Viereck dar. Die Breite des Säulenumganges als $2a$ angenommen, gibt eine Breite des Unterbaues von $2R$, des Tempelhauses von $2b$. Die Länge des Säulenumganges ist $4R$, die des Tempelhauses $3R$. Die Entfernung der Säulen in der Cella ist b, die Stelle, wo das Standbild der Athena stand, rechteckig, $2r : \frac{b}{4}$. Die Cella ist 29·782 m lang, 19·205 m breit, $28·8 : 19·205 = 3 : 2$. Die Schatzkammer ist 19·205 m lang, 13·339 m breit, $19·205 : 13·44 = a : b$.

Die Ansicht (Abbild. 40) wird von einem Rechteck im Verhältnis $2R : 2b$ eingerahmt. Der Unterbau ist $\frac{r}{2}$ hoch. Die Säulenhöhe ist b, wenn man die Höhe des Säulenabstandes gleichsam als gemeinsames Fußgestell mit einbezieht.

Die Höhe des Architravs und Frieses $\frac{b}{4}$, des ganzen Gebälkes r, des Gebälkes und Giebels $\frac{a}{2}$.

Der Schaft ist d lang, $\frac{a}{8}$ im Durchmesser, der Säulenabstand ist $\frac{R}{4}$. Der Unterbau besteht aus drei Stufen, welche Längen von $2R$, $3b$, $2a$ aufweisen. Das Gebälk ist $2a$ lang. Der Neigungswinkel des Daches ist $13^1/_2{}^0$, d. i. ungefähr $\frac{b}{4} = 14·1^0$.

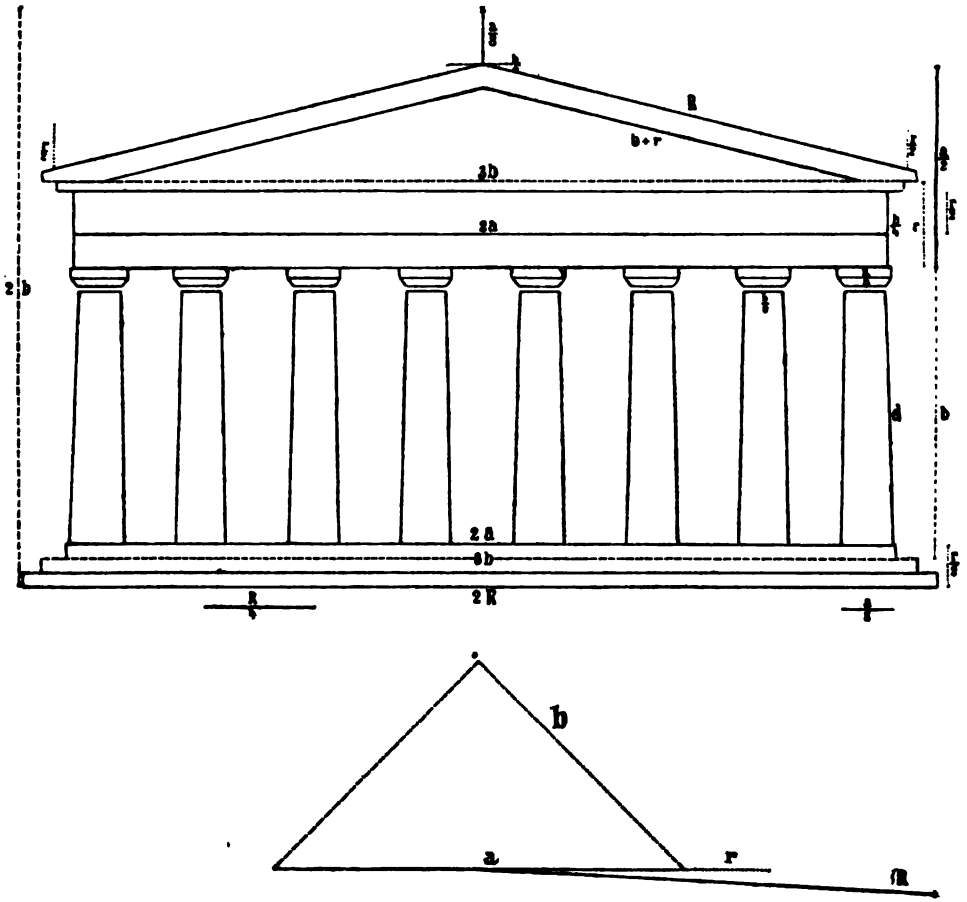
Folgende Tabelle gibt die wichtigsten Maße:

	Gemessen m	Nach dem harm. Dreieck $a = 15·43$	Abweichung	Verhältnis, wenn $a = 1$
Breite des Säulenstandes (Stylobat) . .	30·86	$2a = 30·86$	0·0	2
Länge » » » . .	69·54	$4R = 68·76$	0·78	$2\sqrt{5}$
Höhe des Unterbaues	1·60	$\frac{r}{2} = 1·59$	0·01	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$
Höhe der Säule im Säulenumgang . .	10·7	$b = 10·9$	0·2	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
Unterer Säulendurchmesser	1·9	$\frac{a}{8} = 1·92$	0·02	$\frac{1}{8}$

Abbild. 40. Restaurierte Ansicht der Westseite des Parthenon.
Nach Bühlmann.

	Gemessen m	Nach dem harm. Dreieck $a = 15{\cdot}43$	Abweichung	Verhältnis, wenn $a = 1$
Oberer Säulendurchmesser	1·45	$\frac{b}{8} = 1{\cdot}35$	0·1	$\frac{\sqrt{2}}{16}$
Säulenabstand	4·43	$\frac{R}{4} = 4{\cdot}3$	0·13	$\frac{\sqrt{5}}{8}$
Höhe des Kapitells	0·88	$\frac{a}{16} = 0{\cdot}91$	0·03	$\frac{1}{16}$
» » Architrav	1·40	$\frac{b}{8} = 1{\cdot}35$	0·05	$\frac{\sqrt{2}}{16}$
» » Frieses	1·56	$\frac{r}{2} = 1{\cdot}59$	0·03	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$
» » Baues bis zur Giebelspitze .	20·4	$2b = 21{\cdot}8$	1·4[1])	$\sqrt{2}$
Breite des Tempelhauses	21·76	$2b = 21{\cdot}8$	0·04	$\sqrt{2}$
Länge des »	59·09	$4a = 61{\cdot}72$	2·63	4
Säulenabstand in der Cella	2·61	$\frac{b}{4} = 2{\cdot}7$	0·09	$\frac{\sqrt{2}}{8}$

[1]) Das Akroterion ist 1·4 m hoch, so daß die Gesamthöhe genau $2b$ ausmacht.



Abbild. 40. Restaurierte Ansicht der Westseite des Parthenon.
Nach dem harmonischen Dreieck.

Der Grundriß und Aufbau des Parthenons, des schönsten griechischen Tempels, wenn nicht des schönsten Bauwerkes des Altertums, ist ja wegen der glücklichen Verhältnismäßigkeit der Teile zum Ganzen bekannt. Diese «glückliche» Verhältnismäßigkeit ist durchwegs harmonisch. Es ist staunenswert, wie die Baumeister in so großen Dimensionen die schönsten einfachen, harmonischen Entfernungen wie $R : a : b : r$ so genau getroffen haben.

Erwähnenswert sind noch die Symmetrieverhältnisse in der Stellung der Säulen. Das Auge des Beschauers sucht bewußt oder unbewußt die Symmetrie. Bei der Giebelansicht des Parthenons ist die Symmetrieebene nur durch den Giebel ausgedrückt und muß zwischen

der 4. und 5. Säule weitergeführt gedacht werden. Von ihr aus sind die Säulen so angeordnet, daß sie einen schönen Eindruck machen.

Nach den Messungen von Penrose sind folgende Entfernungen der Säulen in englischen Fuß:

	Unten	Oben[1])
Von der Südecke bis zur Achse der 1. Säule	3·332	2·926
Von der 1. bis zur 2. Säule	12·143	12·271
» » 2. » » 3. »	14·081	13·957
» » 3. » » 4. »	14·106	13·889
» » 4. » » 5. »	14·112	14·210
» » 5. » » 6. »	14·085	14·126
» » 6. » » 7. »	14·117	13·617
» » 7. » » 8. »	12·033	12·300
» » 8. bis zur Nordecke	3·332	2·926
Gesamtlänge des Säulenstandes . . .	101·341	100·222

[1]) Die Säulen sind gegen die Mitte etwas geneigt, außerdem ist der Säulenstand absichtlich in der Mitte etwas höher als an der Seite. Siehe die interessanten Ausführungen Bühlmanns: Die Architektur des klassischen Altertums und der Renaissance, S. 19.

Entfernung von der Symmetrieebene	unten	oben	Nach dem harm. Dreieck $a = 50{\cdot}6$	Abweichung unten	Abweichung oben	Verhältnis, wenn $a = 1$
bis zur 1. Säule. . .	47·286	47·212	$b + r = 46{\cdot}323$	0·943	0·889	$2\sqrt{2} - 1$
» » 2. » . . .	35·143	34·941	$b = 35{\cdot}824$	0·681	0·883	$\sqrt{2}$
» » 3. » . . .	21·162	20·994	$2r = 20{\cdot}998$	0·164	0·004	$2(\sqrt{2} - 1)$
» » 4. » . . .	7·056	7·105	$\frac{R}{8} = 7{\cdot}064$	0·008	0·041	$\frac{\sqrt{5}}{8}$
» » 5. » . . .	7·056	7·105	$\frac{R}{8} = 7{\cdot}064$	0·008	0·041	$\frac{\sqrt{5}}{8}$
» » 6. » . . .	21·141	21·231	$2r = 20{\cdot}998$	0·143	0·233	$2(\sqrt{2} - 1)$
» » 7. » . . .	35·258	34·897	$b = 35{\cdot}824$	0·566	0·927	$\sqrt{2}$
» » 8. » . . .	47·291	47·197	$b + r = 46{\cdot}323$	0·968	0·874	$2\sqrt{2} - 1$

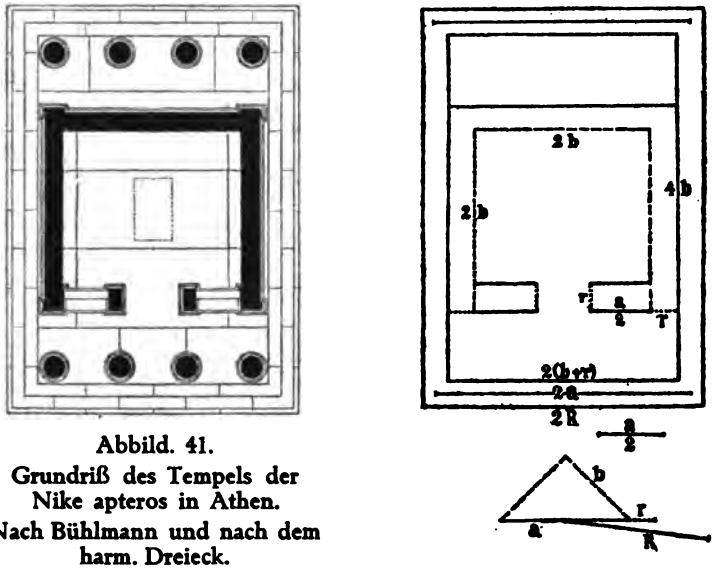
Die Säulen der Frontansicht sind in harmonischen Entfernungen voneinander angeordnet, ausdrückbar durch die Verhältnisse

$\frac{\sqrt{5}}{8} : 2\,(\sqrt{2}-1) : \sqrt{2} : 2\,\sqrt{2}-1$.[1]) Daß auch die Figuren im Giebelfelde harmonisch gruppiert sind, wird in der Bildhauerei näher ausgeführt.

Denkmale des jonischen Stiles

sind weitaus nicht so zahlreich wie die des dorischen. Aus der Blütezeit besitzt Athen die schönsten dieses Stiles, den Tempel der Nike apteros und das Ereichtheion.

Der Tempel der Nike apteros (Abbild. 41, 42) ist ein kleiner Tempel auf der Akropolis neben den Propylaeen, der Athena Nike,



Abbild. 41.
Grundriß des Tempels der Nike apteros in Athen.
Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

der Siegesgöttin, geweiht. Der Grundriß (Abbild. 41) ist rechteckig, $2R$ breit, das Tempelhaus ist $4b$ lang, $2(b+r)$ breit, die Cella fast quadratisch.

Die Ansicht der Ostseite des Tempels (Abbild. 42) zeigt eine Reihe harmonischer Maße. Der Unterbau ist $\frac{a}{4}$ hoch, die Stufen

[1]) Die sechs Säulen der Front des Poseidontempels sind so angeordnet, daß die mittleren $\frac{b}{2}$, $\frac{a}{2}$, die äußeren aber durch die starke Hereinrückung $2d$ von der Symmetrieebene entfernt sind. Die Entfernungen verhalten sich wie $\frac{\sqrt{2}}{2} : \frac{1}{2} : \sqrt{5}-1$.

$2R$, $2a$, $2(b+r)$ lang, die Säulenhöhe ist $2b$; ihr Durchmesser $\frac{b}{4}$, die Höhe des Schaftes $2d$. Gebälk und Giebel sind b hoch.

Das Ereichtheion in Athen (Abbild. 43, 44, 45) wurde auf der Akropolis gegen den nördlichen Felsabhang um 400 v. Chr. erbaut

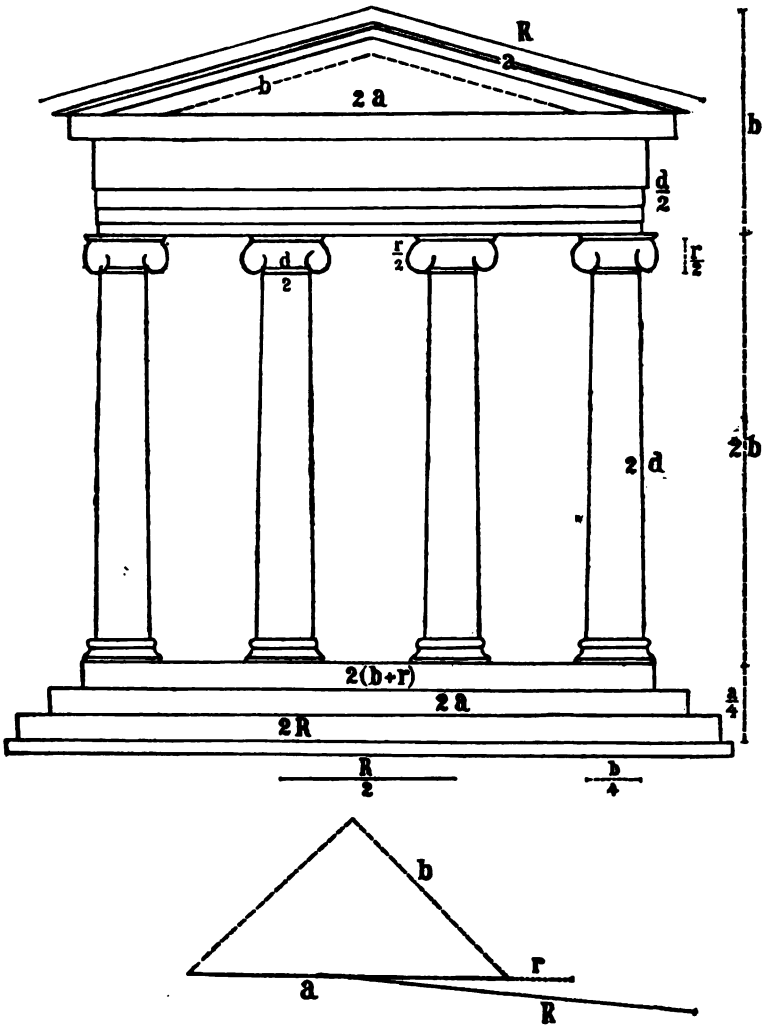
Abbild. 42.

Ansicht der Ostseite des Tempels der Nike apteros in Athen.

Nach Bühlmann.

und war der Athena Polias, dem Landesherrn Ereichtheus und der Nymphe Pandrosos geweiht. Der Bau war auf unebenem Boden errichtet, was zu dem vom gewöhnlichen Schema abweichenden Grundriß geführt haben mag. Der Mittel- oder Hauptbau liegt höher als die Seitenhallen. Der Grundriß (Abbild. 43) weist trotz seines abweichenden Schemas in allen Teilen harmonische Maße auf, die auf ein einziges Grundmaß a zurückzuführen sind. Die Breite des Haupt-

baues ist 2 *a*, des Nordportikus, der Vorhalle des Ereichtheus 2 *b* und der Karyatidenhalle, des Heiligtumes der Pandrosos *b*. Der Aufriß der Westseite (Abbild. 44) läßt das Verhältnis der Säulen 2 *b* : *a* : 2 *r* erkennen. Auch sonst zeigt er vollste Harmonie.

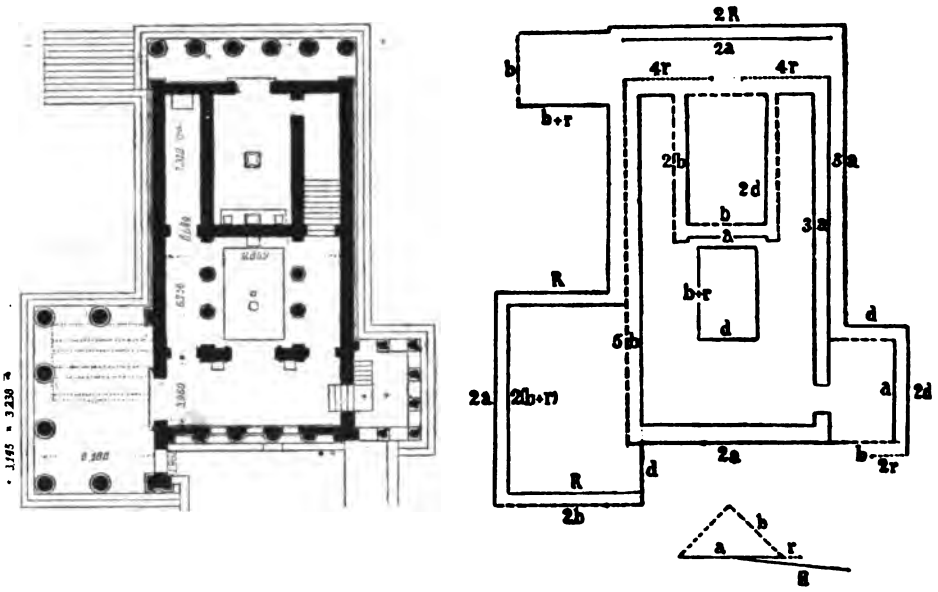


Abbild. 42.

Ansicht der Ostseite des Tempels der Nike apteros in Athen.

Nach dem harmonischen Dreieck.

Die im Süden gelegene reizende Karyatidenhalle (Abbild. 45) oder Korenhalle [1]) ist eine der originellsten Schöpfungen der griechischen Baukunst. Auf hohem geschlossenen Unterbau stehen an Stelle von Säulen als Trägerinnen des Gebälkes sechs etwas über lebensgroße Statuen athenischer Jungfrauen in ruhiger naturwahrer Haltung. Die Länge des Säulenstandes ist a, die Höhe der Statuen mit dem Polster und dem darauf ruhenden dorischen Kapitell $2r$, die Höhe des Architravs $\frac{r}{2}$; der Fries fehlt, um das Gebälk leichter zu machen.



Abbild. 43.

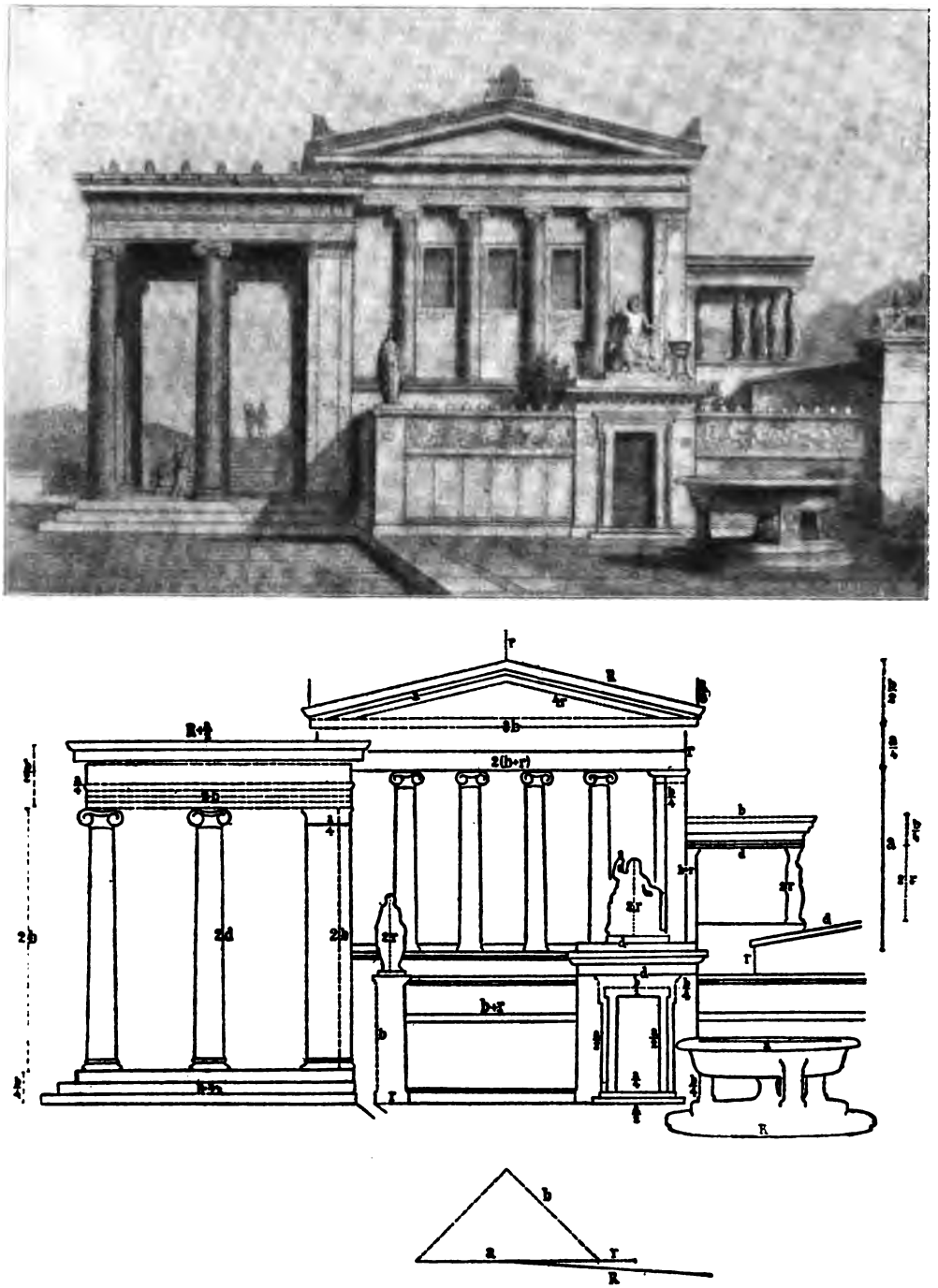
Grundriß des Ereichtheion in Athen.

Nach Bühlmann und nach dem harmonischen Dreieck.

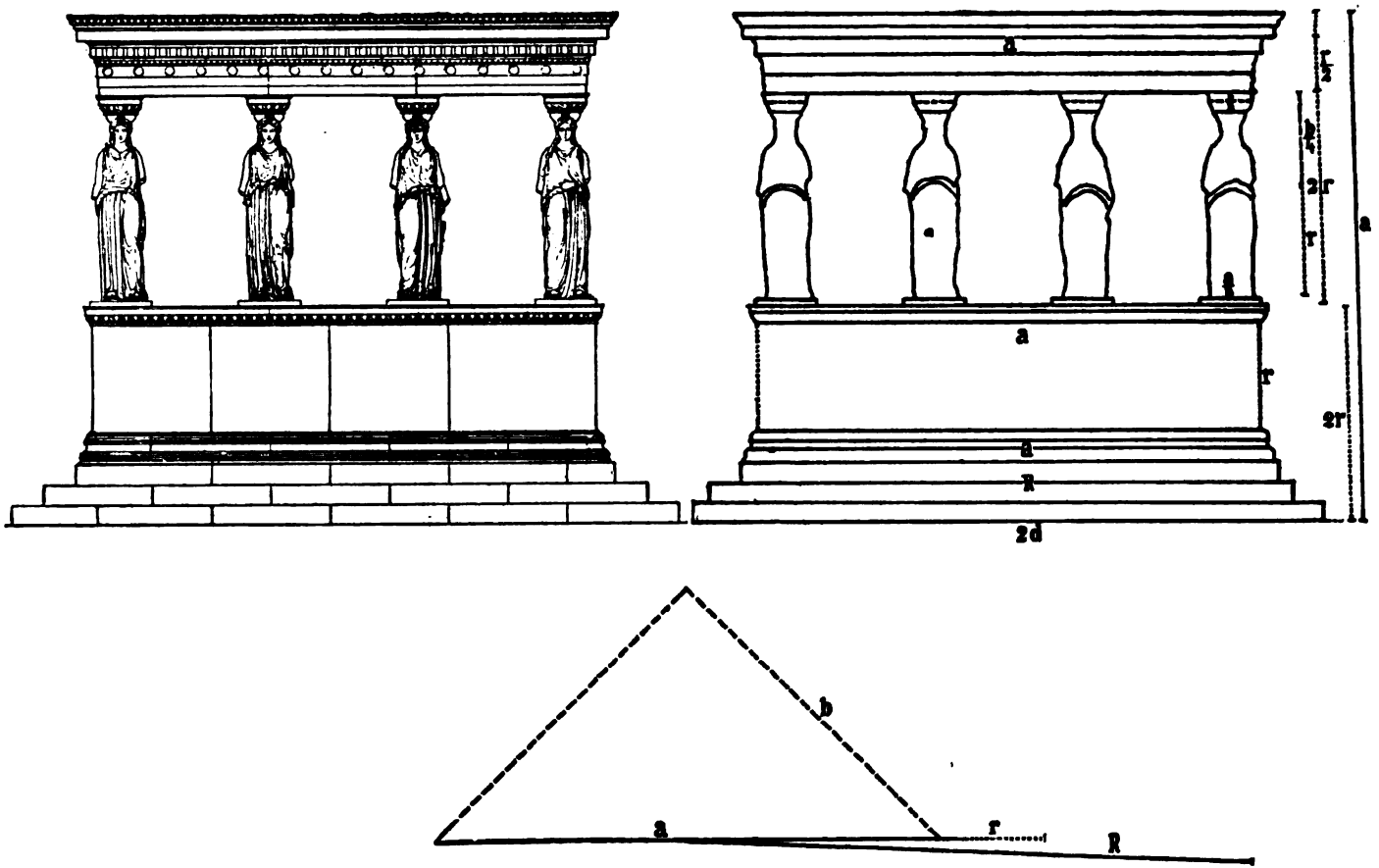
Das Ereichtheion, das als das schönste Denkmal des jonischen Stiles gilt, bezeugt diesen Ruf auch durch seinen harmonischen Aufbau und die Menge harmonischer Maße, ähnlich wie der Parthenon, das schönste Denkmal des dorischen Stiles.

Einer der größten Tempel des Altertums war der Tempel des Apollo Didymaios zu Milet, ebenfalls dem jonischen Baustil angehörend. Es war ein Dipteros von 10 zu 21 Säulen, 100 m lang, 55 m breit, 33·5 m hoch. $98{\cdot}4 : 55 : 34{\cdot}7 = 2a : R : b$.

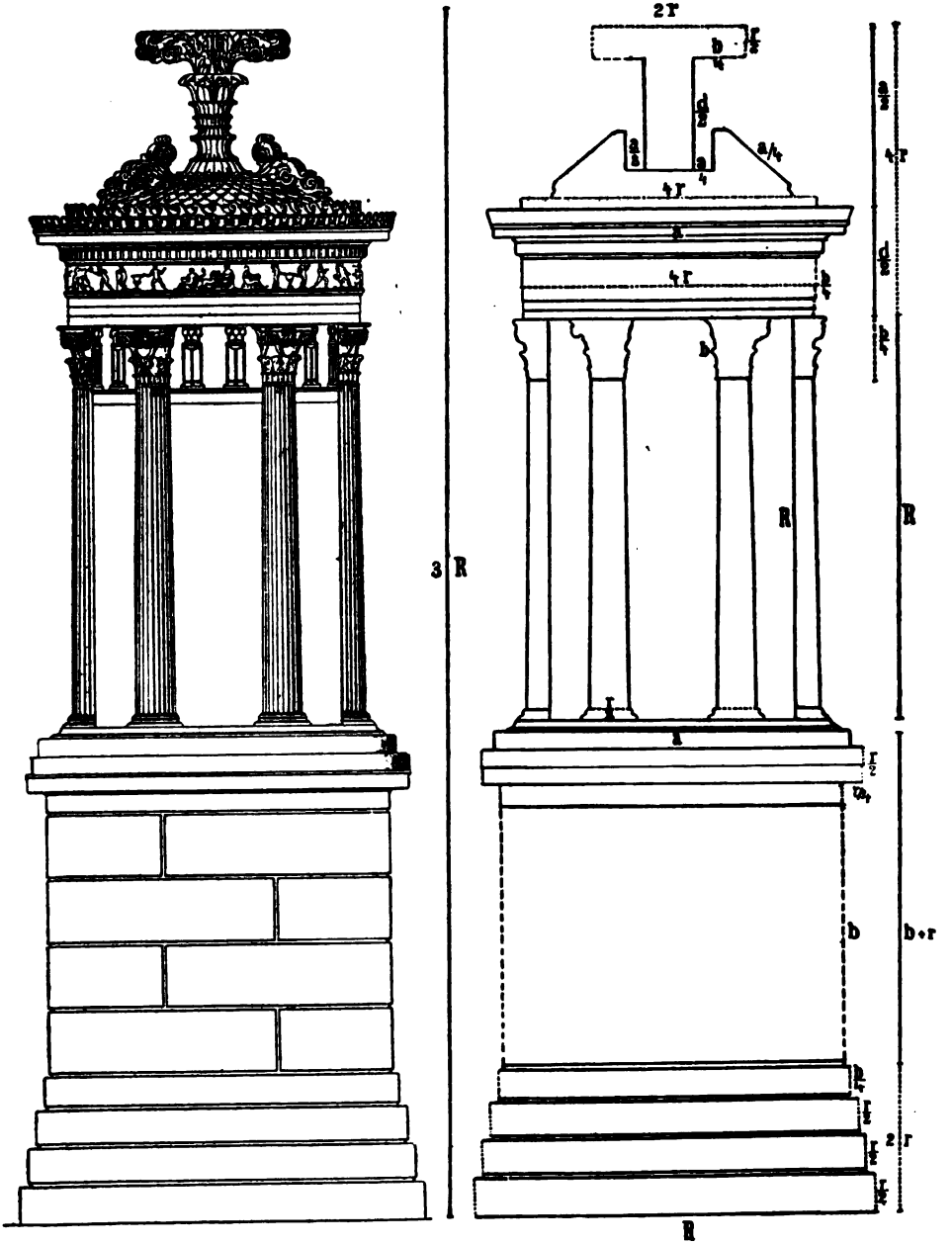
[1]) Karyatide heißt Gebälkträgerin, Koren Jungfrauen.



Abbild. 44. Restaurierte Ansicht der Westseite des Ereichtheion in Athen.
Nach Bühlmann und nach dem harmonischen Dreieck.



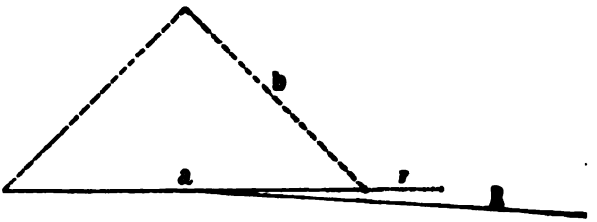
Abbild. 45. Ansicht der Karyatidenhalle am Ereichtheion in Athen. Nach Bühlmann und nach dem harmonischen Dreieck.



Abbild. 46.

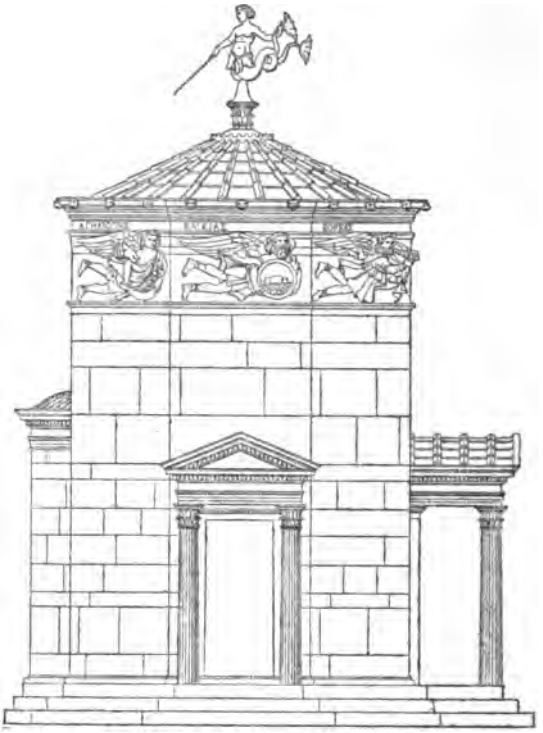
Das Denkmal des Lysikrates in Athen.

Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.



Denkmale des korinthischen Stiles.

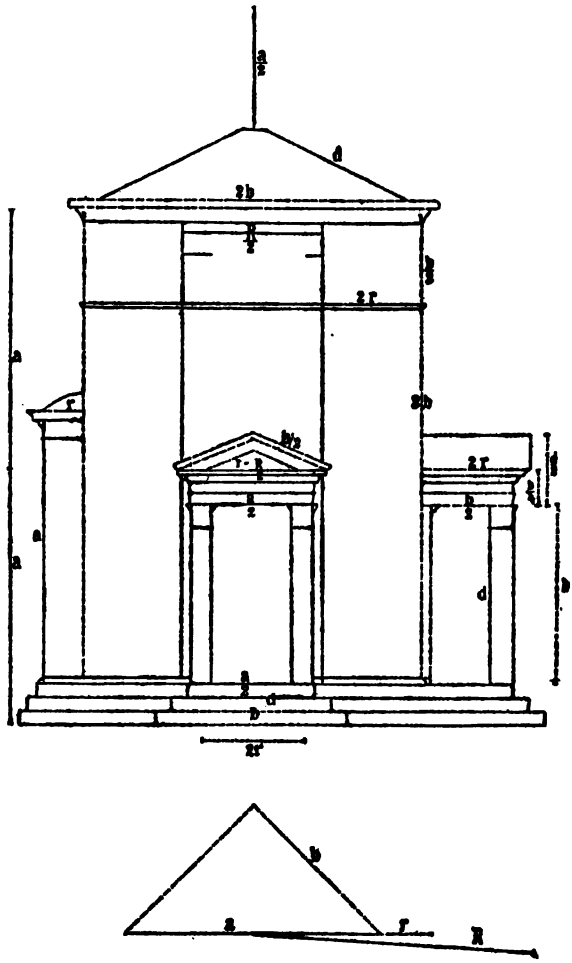
Der korinthische Stil hat einen Korinthier namens Kallimachos zum Erfinder. Seine vollständige Entwicklung erhielt er aber erst in der römischen Baukunst. Das älteste bekannte korinthische Bauwerk



Abbild. 47. Der Turm der Winde in Athen.
Nach Bühlmann.

ist das Denkmal des Lysikrates in Athen (Abbild. 46), erbaut im Jahre 334 v. Chr. am südöstlichen Fuße der Akropolis. Den Siegern in den bacchischen Wettkämpfen wurden Dreifüße geschenkt, die dann auf künstlerisch gearbeiteten Denkmälern aufgestellt wurden. Lysikrates hatte 335 v. Chr. mit seinem Knabenchor den Preis des Wettgesanges, einen ehernen Dreifuß, gewonnen, der auf diesem Denkmal aufgestellt wurde. Das Monument besteht aus einem 4 m hohen Unterbau, der einen 6 m hohen Rundbau mit sechs Halbsäulen und Bekrönung trägt. Die Säulen haben eigentlich runde Schäfte, aber die Zwischenräume sind mit großen Steinplatten geschlossen.

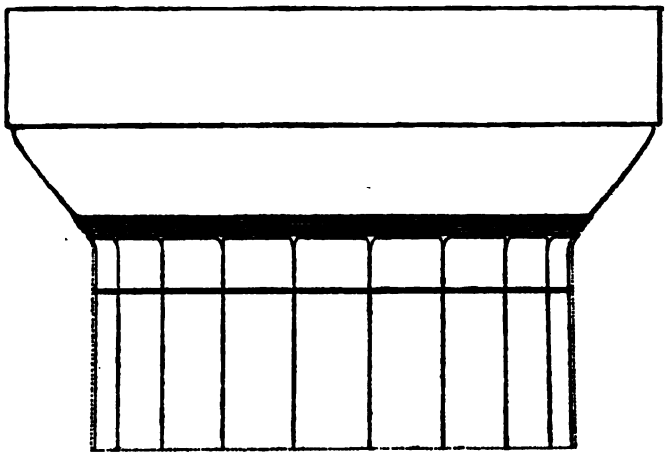
Architrav und der bildergeschmückte Fries sind aus einem Stück gearbeitet. Neben dem Kranzgesims sind leicht vorgeneigte freistehende Palmetten. Der Aufsatz in der Mitte des Daches hat über mehreren kelchartigen Blattreihen drei Arme, aus reich verschlungenen Ranken bestehend. Vom Fuße abwärts befinden sich auf der Dachfläche drei



Abbild. 47. Der Turm der Winde in Athen.
Nach dem harmonischen Dreieck.

spiralige Ranken. Die Länge der Säulen ist *R*, wie die Breite des Grundrisses, die Höhe des Denkmales ist 3 *R*. Die weiteren harmonischen Maße siehe Abbildung 46.

Der Turm der Winde oder das Horologium in Athen (Abbild. 47) war um 100 v. Chr. erbaut und bestimmt, die Windrichtung und die Stunden anzuzeigen. Der Grundriß stellt ein Achteck dar. Über den Eingängen gegen Nordosten sind zwei kleine von Säulen getragene, giebelgekrönte Hallen vorgelegt, gegen Süden ein halbrunder Ausbau. Der Fries ist mit den acht Winddämonen in plastischer Darstellung geschmückt. Das flach ansteigende Dach war durch steinerne Sparren gebildet, welche gegen die Mitte um ein



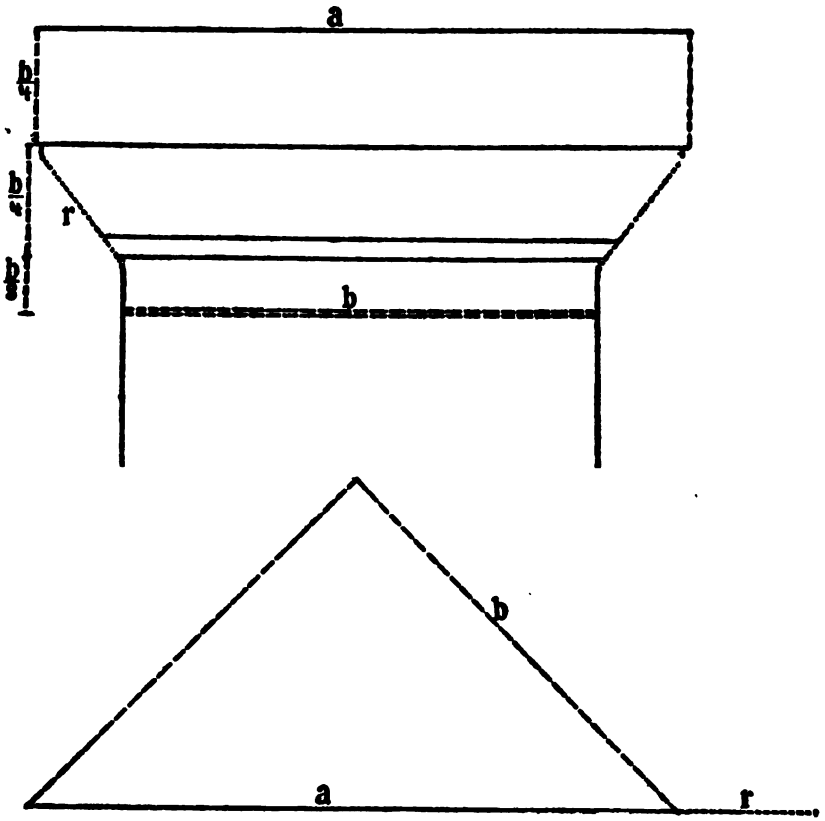
Abbild. 48. Kapitell der Säule des Parthenon in Athen.
Nach Bühlmann.

Loch zusammenneigen, in dem ein beweglicher Triton mit dem auf die Windrichtung hinweisenden Stab sich drehte. Die Maße dieses ganz eigentümlichen Baues sind harmonisch. Die Säulenhöhe ist *b*, ihr Abstand 2 *r*. Die Höhe bis zum Dach 2 *a* usw.

Die Schmuckformen des griechischen Baustiles.

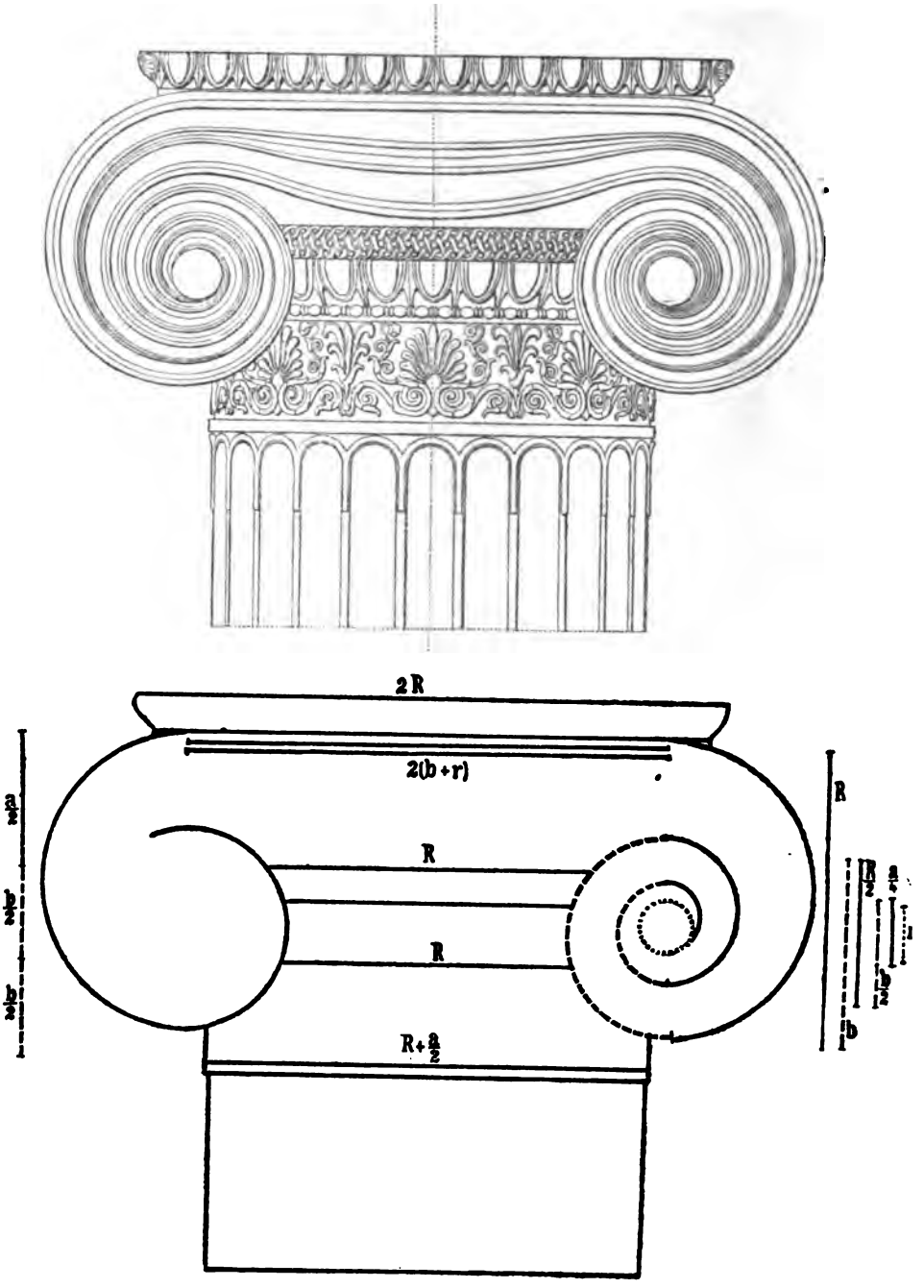
Jedes Gebäude wirkt auf den Beschauer vor allem als Ganzes und soll als solches harmonisch sein. Dieser Aufgabe entsprechen die griechischen Bauten im vollsten Maße, besonders die schönsten aus der Blütezeit, der Parthenon und das Ereichtheion, die gerade durch die einfachsten harmonischen Maße die schönste Wirkung erzielen. Aber nicht nur der Gesamteindruck eines Bauwerkes soll befriedigen, sondern auch Details, die erst bei näherer Betrachtung zur Geltung kommen. Da die griechische Baukunst überall die mög-

lichste Vollendung anstrebte, so wurde auch den einzelnen Teilen dieselbe Durchbildung zuteil wie dem ganzen Bauwerk. Die architektonischen Verzierungen der griechischen Bauten sind nicht bloß auf Fernwirkung berechnet, sondern sie wirken auch in der Nähe. Wenn auch die Ausschmückung der Bauten ins Gebiet der Bildhauerei und Malerei fällt, so soll doch einiges hier erwähnt werden, zumal die Grenzen zwischen Baukunst und Bildhauerei manchmal schwer zu ziehen sind.

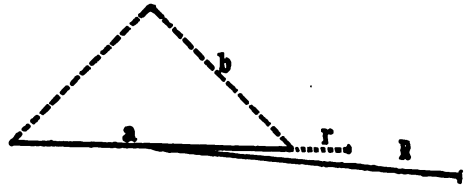


Abbild. 48. Kapitell der Säule des Parthenon in Athen.
Nach dem harmonischen Dreieck.

Besondere Sorgfalt wurde auf das Kapitell verwendet, dessen Formen für die Baustile charakteristisch sind. Der dorische Stil hat gemäß seines Ernstes und seiner Ruhe ein einfaches Kapitell, das jonische ist lebhafter und bewegt, das korinthische ist überreich an Schmuck. Als Gebilde für sich zeigen sie harmonische Maße, die bei

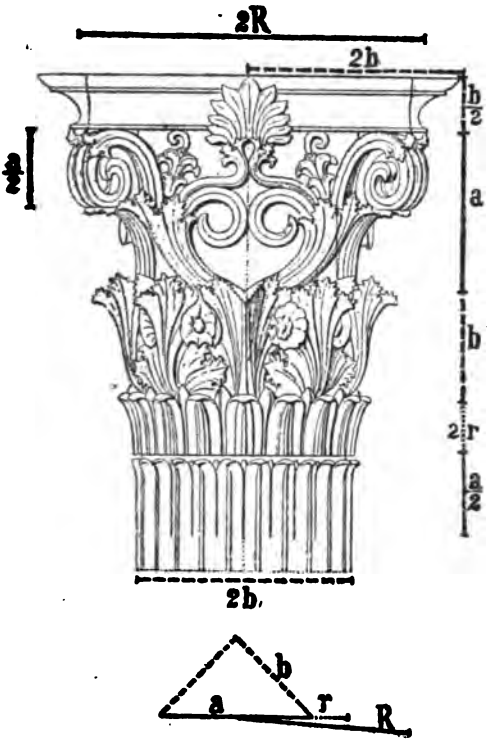


Abbild. 49.
Kapitell der Säule vom Nordportikus des Ereichtheion in Athen. Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

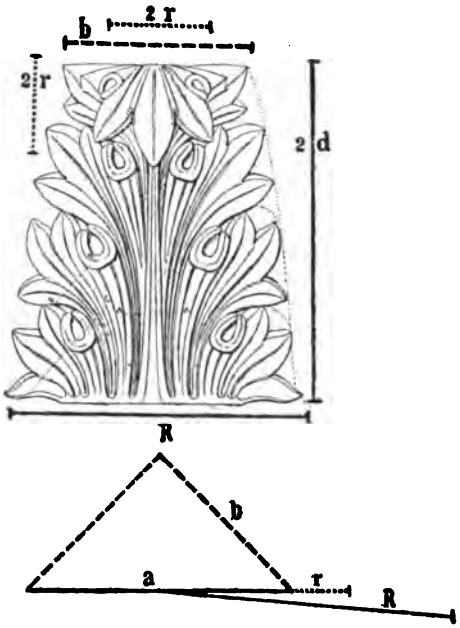


der dorischen sehr einfach sind. Die Länge der Platte (Abakus) ist R lang, $\frac{b}{4}$ hoch (Abbild. 48), die Höhe des Echinus ebenfalls r, vom Echinus bis zum Einschnitt (Hals) $\frac{b}{8}$.

Das jonische Kapitell der Säule vom Nordportikus des Ereichtheion (Abbild. 49) ist reich an harmonischen Maßen. Die



Abbild. 50.
Kapitell vom Monument des Lysikrates in Athen. Nach Bühlmann.



Abbild. 51.
Akanthusblatt vom Kapitell der Säule vom Turm der Winde in Athen.
Nach Bühlmann.

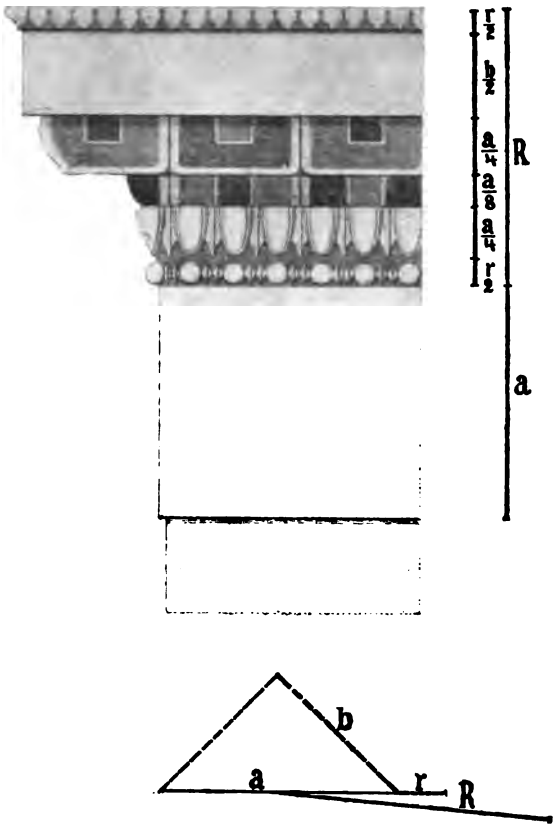
Schnecken sind zusammengesetzt aus Kreishalbbögen mit den Durchmessern R, b, $\frac{R}{2}$, $\frac{b}{2}$, $\frac{a}{4}$, r. Die Länge der Platte ist $2R$.

Das korinthische Kapitell vom Monument des Lysikrates in Athen (Abbild. 50) ist abgestuft in den harmonischen Entfernungen $\frac{a}{2}$, $2r$, b, a, Durchmesser ist $2b$, $2R$, $4b$.

Selbst ein Akanthusblatt (Abbild. 51) zeigt durchaus harmonische Maße.

Das Antenkapitell vom Parthenon (Abbild. 52) ist ebenfalls harmonisch gegliedert, sowohl in seinen größeren Teilen wie auch in den kleineren.

Der Architrav ist durch ein schmales Band, den Bandstreifen oder der Taenia bekrönt (Abbild. 53), an der als Fortsetzung der



Abbild. 52. Antenkapitell vom Parthenon in Athen.
Nach Bühlmann.

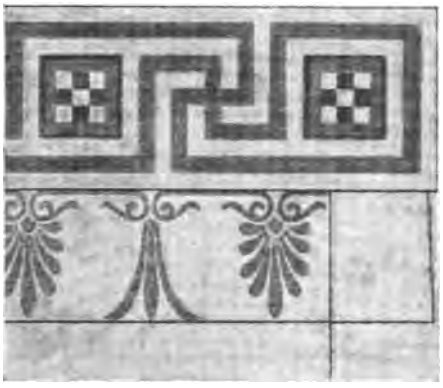
Triglyphen die Tropfenleisten oder Regulen mit je sechs daranhängenden zylinderförmigen Körperchen oder Guttae befestigt sind. Die Höhe der Bandstreifen ist *a*, die der Tropfenleisten *b*, der Tropfen $\frac{d}{2}$; auch die in Farben ausgeführten Zeichnungen sind harmonisch.

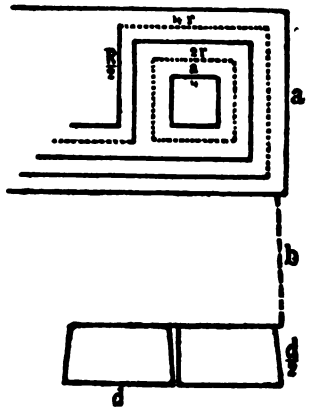
Der Fries des Gebälkes (Abbild. 54) war im dorischen reichlich mit Bildwerken in Relief geschmückt. Triglyphen oder Dreischlitze,

bestehend aus drei vertikalen vortretenden Pflöcken, trennten die Bilder, welche auf den Metopen, Zwischenöffnungen genannt, angebracht waren.

Nimmt man die Breite einer Triglyphe $2\,b$ an, so ist die der Metope $3\,b$, ihre Höhe $2\,a$. Die Linien des Bildes sind nach demselben harmonischen Maß ausgeführt.

Das Dach der griechischen Tempel wurde sowohl am First durch palmettenförmige Firstziegel, als auch an den unteren Rän-





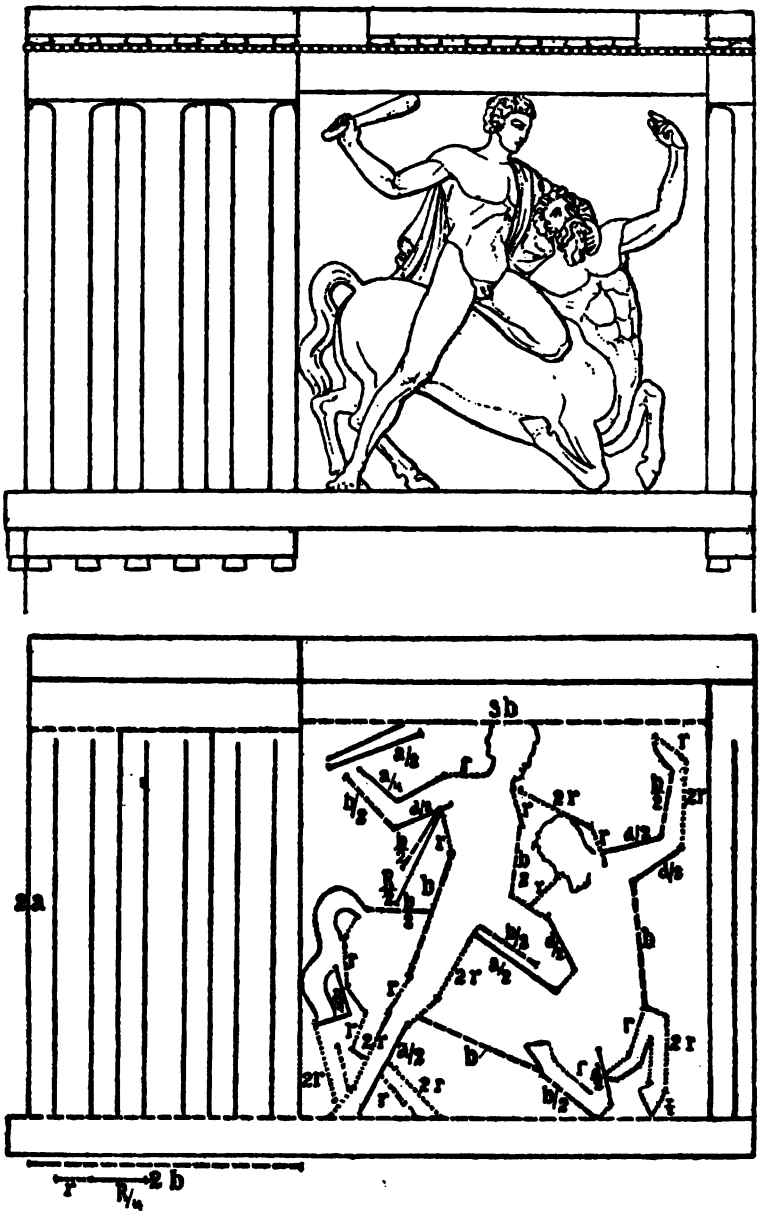
Abbild. 53.

Dekoration vom Gebälk des Parthenon.
Taenia und Regula.

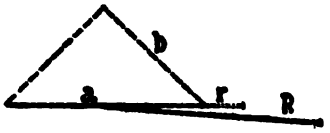
Nach Bühlmann
und nach dem harmonischen Dreieck.

dern mit Stirnziegeln, die hinter den Rinnleisten angebracht wurden, geschmückt. Der Stirnziegel vom Parthenon (Abbild. 55) ist harmonisch gebaut. Die Schnecken sind aus Halbkreisen mit den Durchmessern $b + r$, b, $\frac{a}{2}$, $\frac{b}{2}$, r, $\frac{r}{2}$ zusammengesetzt. Harmonischen Aufbau zeigt auch der Stirnziegel vom Tempel der Nike apteros in Athen (Abbild. 56).

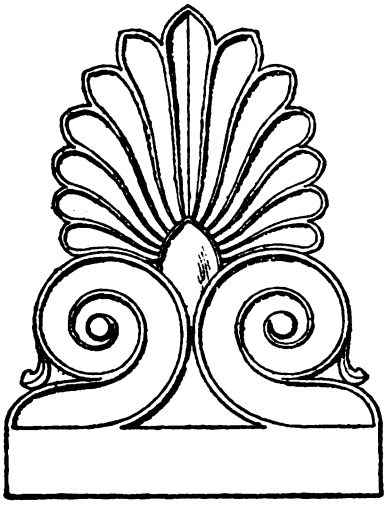
Die griechischen Bauten sind durchaus in den «richtigen» Verhältnissen harmonisch, sowohl in ihrer Gesamtanlage, als auch in den Einzelheiten, dem Wandschmuck und den architektonischen Verzierun-

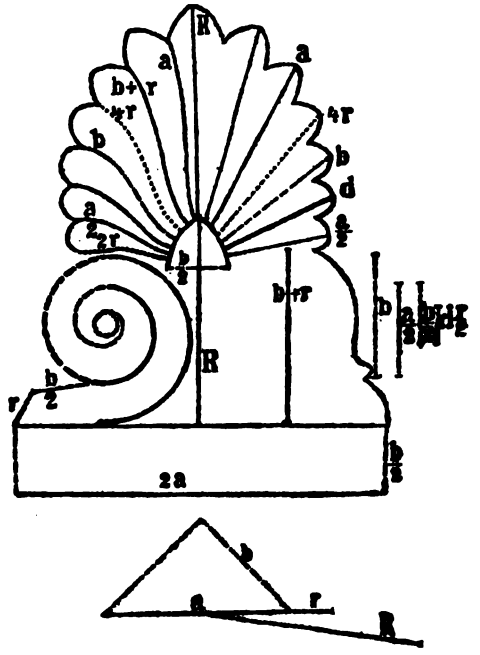


Abbild. 54.
Triglyphe und Metope
vom Parthenon.

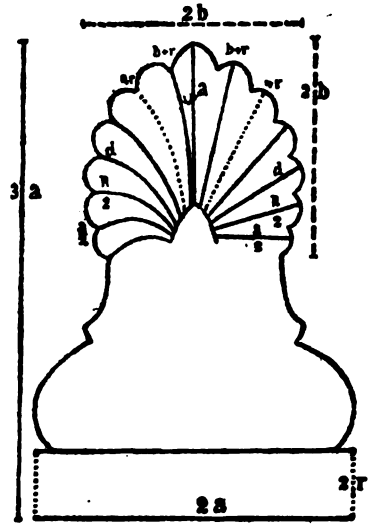


Nach Bühlmann und nach dem harmonischen Dreieck.





Abbild. 55.
Stirnziegel vom Parthenon in Athen.
Nach Bühlmann
und nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 56.
Stirnziegel vom Tempel
der Nike apteros in Athen.
Nach Bühlmann
und nach dem harm. Dreieck.

gen. Dem griechischen Baustil gebührt auch in dieser Hinsicht die erste Stelle in der Baukunst. Er hat, wie vielleicht keiner der späteren, die «richtigen» Verhältnisse so einfach und mit so großer Sicherheit angewendet, daß man versucht ist, zu glauben, den griechischen Baumeistern sei die Bedeutung des harmonischen Dreieckes und Kreises bekannt gewesen.

3. Baukunst der Römer.

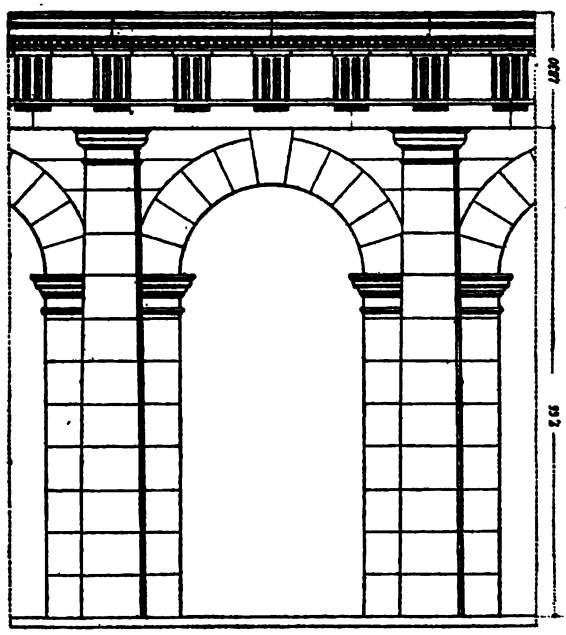
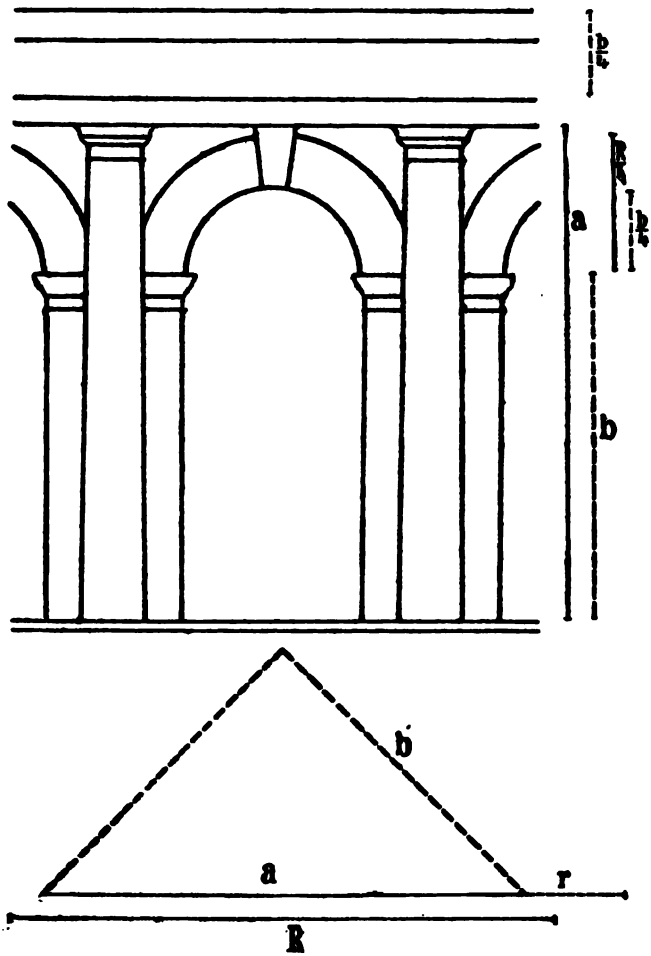


Abbildung 57.
Bogenstellung vom Theater des Marcellus in Rom.
Nach Bühlmann.

Wie die alten Griechen das Volk der Denker und Künstler genannt zu werden verdienen, so die Römer das Volk des Staatswesens, das sie trefflich zu ordnen und verwalten verstanden. Der Römer richtete seinen Sinn vor allem auf das Praktische und Nützliche. Er wandte sich daher unter den Künsten derjenigen zu, welche vornehmlich praktischen Bedürfnissen diente, der Baukunst, die auch wie keine andere seine Neigung und Liebe zur Pracht und Größe befriedigen konnte. Die beiden Eigenschaften, praktischer Sinn und Prachtliebe, führten dazu, daß die Baukunst neben dem Tempelbau vorzüglich auf Nutzbauten sich erstreckte, die reichlich mit Schmuck

versehen wurden. Die römischen Bauten sollten aber nicht nur durch Glanz und Pracht wirken, sondern auch durch außerordentliche Größenverhältnisse die Weltherrschaft versinnbildlichen.

Der römische Baustil ist von zwei Seiten her beeinflußt worden, zuerst von den im Norden Roms wohnenden Etruskern und später von den Griechen. Von ersteren übernahm er die etruskische oder altitalische Gewölbekonstruktion, von letzteren den Architrav oder



Abbild. 57.

Bogenstellung vom Theater des Marcellus in Rom.

Nach dem harmonischen Dreieck.

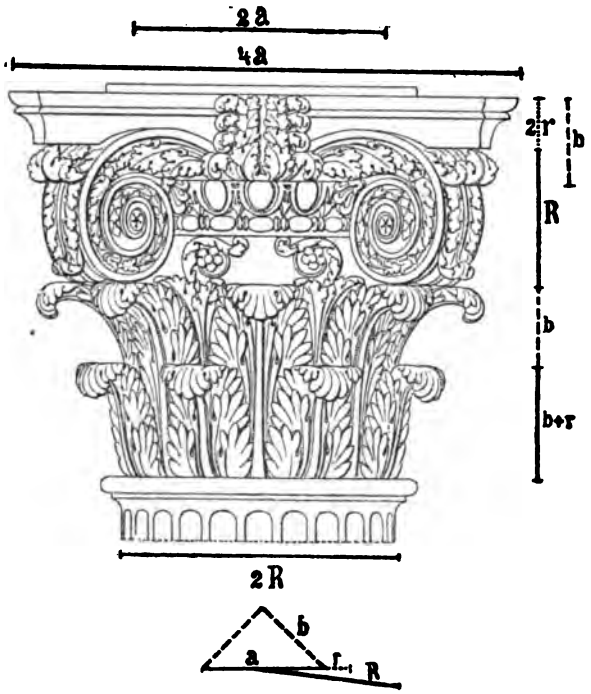
Säulenbau und gewann durch die Verbindung beider Elemente etwas Charakteristisches, was ihm eben von den beiden anderen unterscheidet. Die Verbindung des Säulenbaues mit der Gewölbekonstruktion geschieht am einfachsten dadurch, daß statt des geradlinigen Architravs ein Bogen von Säule zu Säule geschlagen wird, auf dem die Last ruht. Als Übergang von Säule zum Bogen wurde in älterer Zeit dem Säulenkapitell ein Gebälk aufgesetzt, bestehend aus seinen drei Teilen: Architrav, Fries und Kranzgesims; später fiel dieses Zwischenstück weg, so daß der Bogen direkt auf der Säule auflag. Nicht immer ist der Säule ihre ursprüngliche Aufgabe, die des Tragens, zugewiesen, viel häufiger findet sie nur eine dekorative Anwendung, indem sie an die Mauer gleichsam angelegt wird und nur das Gebälk zu tragen hat, das aber auch nur als Schmuck dient, wie Abbildung 57 zeigt. Die eigentliche Last trägt der rückwärts stehende Pfeiler und der Bogen. Zwischen den beiden: Säulenbau und Gewölbekonstruktion, herrschen harmonische Maße. Säulenhöhe verhält sich zur Pfeilerhöhe wie $a : b$.

Während der Architravbau nur kleine Räume mit der flachen Decke ohne Mittelstützen zu überdecken vermag, so gestattet das Gewölbe, weite, freie, lichte Räume zu schaffen, wie z. B. das Pantheon, der Tempel der Minerva medica. Das Gewölbe weitet den Raum nach oben und in die Breite. Die einfachste Form des Gewölbes ist die Tonne, welche die Gestalt eines halbierten kreisrunden Zylinders hat; sie überbrückt zwei parallel laufende Wände (siehe Titusbogen Abbild. 64). Schneiden sich zwei Tonnengewölbe über einem vierseitigen Raum rechtwinkelig, so entsteht das Kreuzgewölbe. Die vollkommenste Form der Wölbung ist aber die Kuppel zur Überdeckung von Rundbauten.

Die Verbindung des Architravbaues mit der Gewölbekonstruktion führte zu neuen Bildungen, dem Postament, der Verkröpfung und der Attika. Die der Wand dekorativ vorgestellte Säule wird oft nicht bis auf den Boden, respektive auf den Fuß des Geschosses gestellt, sondern auf einen vierseitigen Sockel, das Säulenpostament. Eine Verkröpfung entsteht, wenn das Gebälk rechtwinkelig vorspringt und so auf dem Kapitell aufruht. Die Attika ist ein verkürztes Geschoß, welches einen krönenden Abschluß bildet, wie z. B. auf dem Triumphbogen (Abbild. 64, 65).

Die von den Griechen übernommenen Säulenordnungen wurden von den Römern unbedenklich miteinander gemischt. Die jonische Säule wird schlanker und erhält die Länge der korinthischen, der dorische Architrav wird dreiteilig. Die dorische Ordnung ist wenig

beliebt, am meisten wird die korinthische angewendet, die eigentlich erst hier ihre volle Entwicklung erlangt. Das Verhältnis der Säulenlänge zum unteren Durchmesser ist häufig in keinem harmonischen Verhältnisse, wie es bei griechischen durchwegs der Fall war.[1]) Ist die Seitenlänge $2R$, so ist der untere Säulendurchmesser r oder schwankt zwischen r und $\frac{a}{4}$.



Abbild. 58.

Kompositkapitell vom Bogen des Titus in Rom.

Nach Bühlmann.

Die Kapitelle werden vertauscht oder miteinander gemischt. So wird das korinthische mit dem jonischen verschmolzen, indem ihm ein Eierstab aufgesetzt wird und in den Ecken statt der Ranken jonische, mit Blätterwerk verkleidete Spiralen treten. Es ist das Kompositkapitell oder das römische Kapitell (Abbild. 58). Außer-

[1]) Der römischen Baukunst wird nachgesagt, daß sie gerade in der Verhältnismäßigkeit der Teile (Proportion) nicht sehr glücklich war.

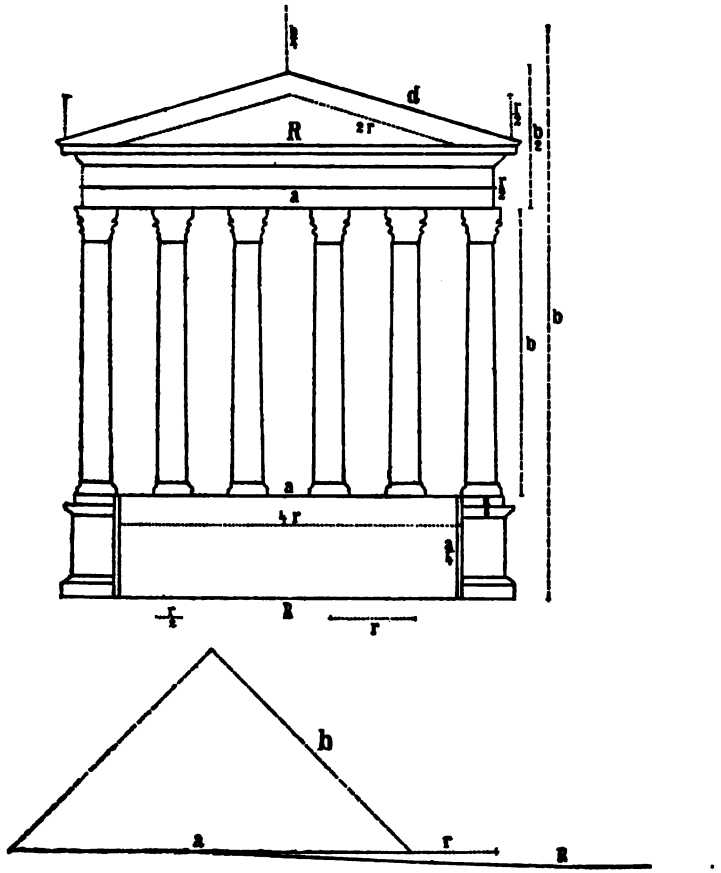
dem wurden Phantasiekapitelle mit allerlei Tiergestalten in Anwendung gebracht.

Römische Baukunst diente in den Nutzbauten verschiedensten Zwecken und schuf so die Fora oder Marktplätze, die Basiliken für gerichtliche öffentliche Verhandlungen, ferner die Theater, Amphitheater und Zirkus, die Bäder, Ehrenpforten, Paläste und Wohnhäuser, Brücken, Wasserleitungen, Tore und Grabdenkmäler.

Abbild. 59.
Restaurierte Ansicht des Tempels des Antoninus und der Faustina in Rom.
Nach Bühlmann.

Der Tempel des Antoninus und der Faustina (Abbild. 59) stand in Rom an der Einmündung der Via sacra in das Forum. Die Vorhalle hat in der Front sechs, in der Seitenansicht drei Säulen, im Innern aber keine Säule zur Unterstützung der Decke. Der Unterbau $\frac{a}{4}$ ist ungefähr ein Drittel so hoch als die Säulen (0·5 : 1·4). Die Säulen sind dicht gestellt, Säulenabstand r. Die Treppe hat eine Breite von $4r$. Der Schaft der Säulen ist wegen des prächtigen Steines unkannelliert, wie dies bei den römischen Bauten häufig vorkommt. Die Breite des Unterbaues ist R, des Mittelbaues a, die Höhe $2b$.

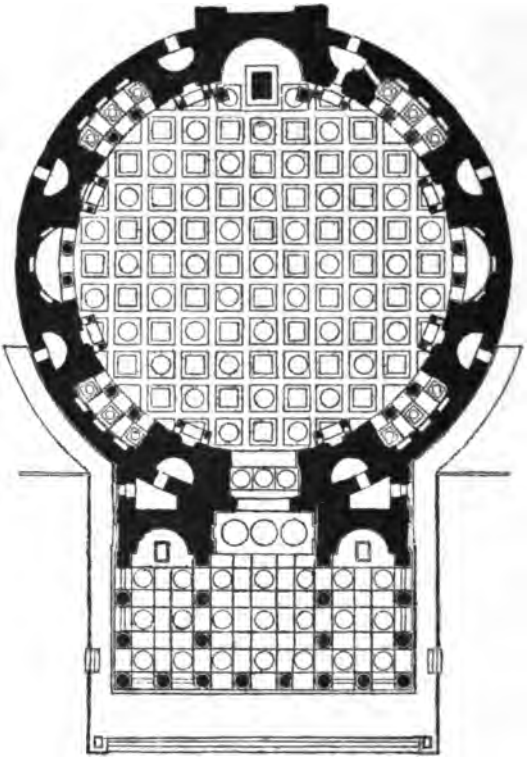
Abbild. 60, 61. Das herrliche Pantheon gehört zu den schönsten Bauten, welche die römische Baukunst in ihrer Blüte zur Kaiserzeit hervorbrachte. Er wurde ursprünglich von Markus Agrippa um 25 v. Chr. als ein Teil seiner großen Thermen erbaut und nach seiner Vollendung, «weil er so überaus wohlgelungen», zum Tempel aller Götter geweiht. Da das Pantheon des Agrippa durch einen Brand zerstört wurde, so ließ es Hadrian ganz neu aufbauen.



Abbild. 59.
Restaurierte Ansicht des Tempels des Antoninus und der Faustina in Rom. Nach dem harmonischen Dreieck.

Der Grundriß (Abbild. 60) ist aus zwei ungleichen Teilen zusammengesetzt, dem Hauptbau in Form einer Rotunde und der rechteckigen Vorhalle. Die Vorhalle ruht auf sechzehn korinthischen

Säulen und ist in drei Schiffe geteilt. Das Giebelfeld war mit plastischem Schmuck ausgestattet. Die Vorhalle führt zum Haupteingang, zu dessen Seiten zwei große Nischen mit den Statuen des Augustus und des Agrippa standen. Der Hauptbau besteht aus einer gewaltigen Kuppel über einem kreisrunden Raume von 43 m Lichtweite und gleicher Höhe. Die Umfassungsmauer ist durch acht



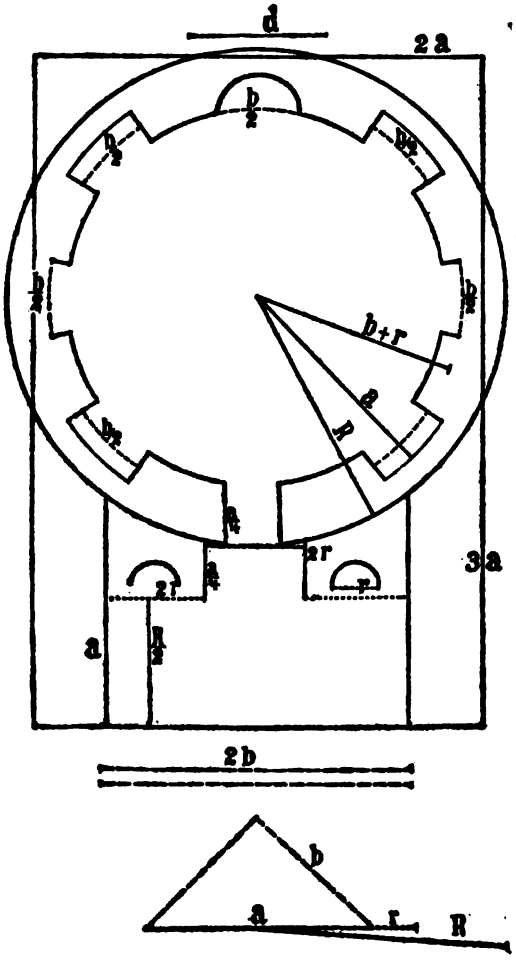
Abbild. 60.

Grundriß des Pantheon in Rom.

Nach Bühlmann.

große Nischen in ebensoviele Pfeiler aufgelöst, die durch kleine, von außen zugängliche Räume ausgehöhlt sind. Der Grundriß zeigt sehr schöne harmonische Maße. Nimmt man die Länge des Baues als $3a$ an, so wird die Umfassungsmauer vom harmonischen Kreise umgrenzt, die Vorhalle ist $2b$ breit und $\frac{R}{2}$ lang, samt Vorbau a lang, der innere Halbmesser ist $4r$ (21·5 m). Die Nischen sind $\frac{b}{2}$ breit usw.

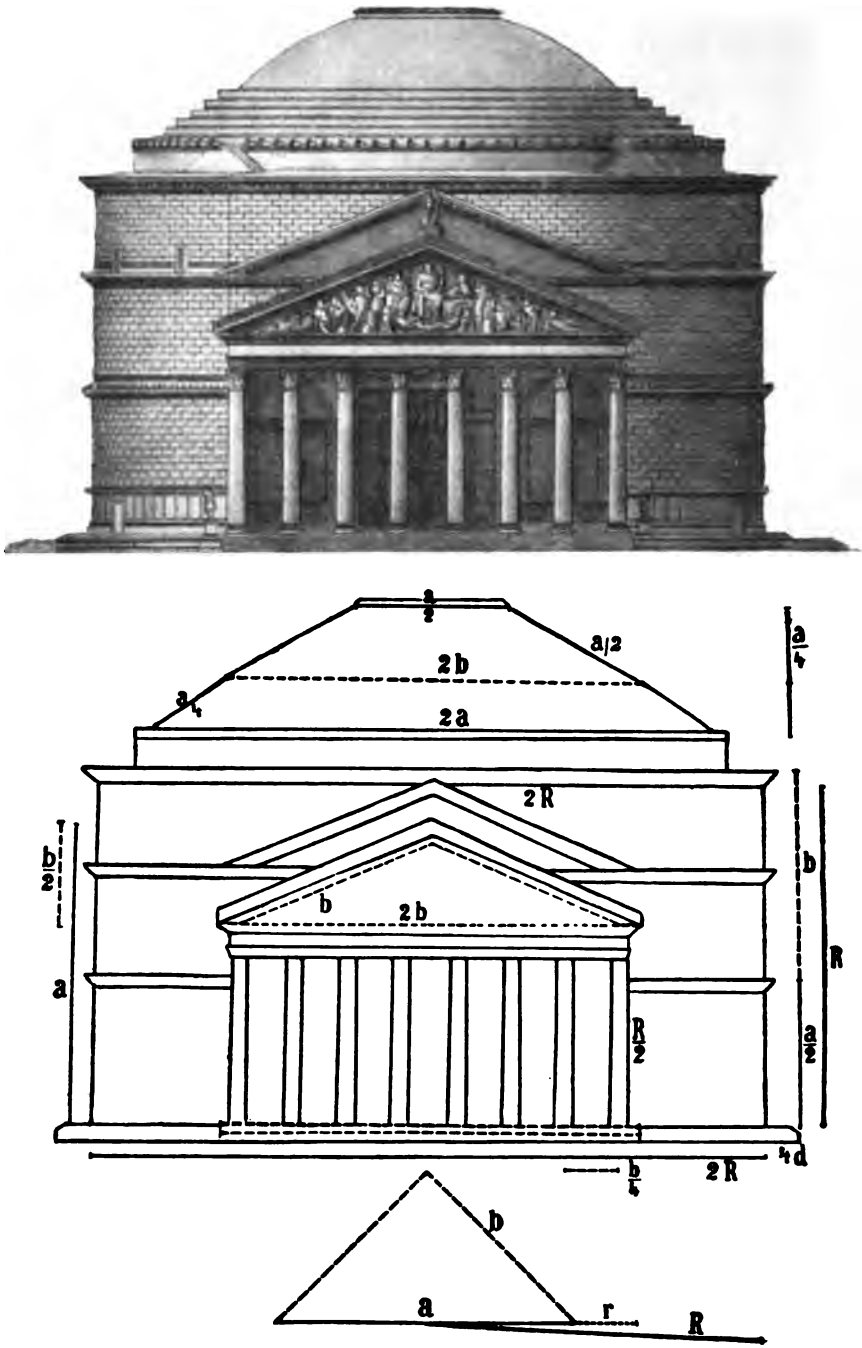
Abbild. 61. Die Ansicht des Pantheons weist ebenfalls harmonische Maße auf. Die Höhe der Vorhalle samt Giebel ist *a*, die der Säulen $\frac{R}{2}$, Entfernung der Säulen $\frac{b}{4}$. Der über dem Vorbau aufragende Giebel reicht fast bis zur Umfassungsmauer, die $b + \frac{a}{2}$ ($= 2\,d$) hoch ist. Der Neigungswinkel ist $\frac{R}{4}$.[1])



Abbild. 60.
Grundriß des Pantheon in Rom. Nach dem harm. Dreieck.

Abbild. 62, 63 stellen Grundriß, Durchschnitt und Ansicht eines Kuppelbaues, des sogenannten Tempels der Minerva medica auf

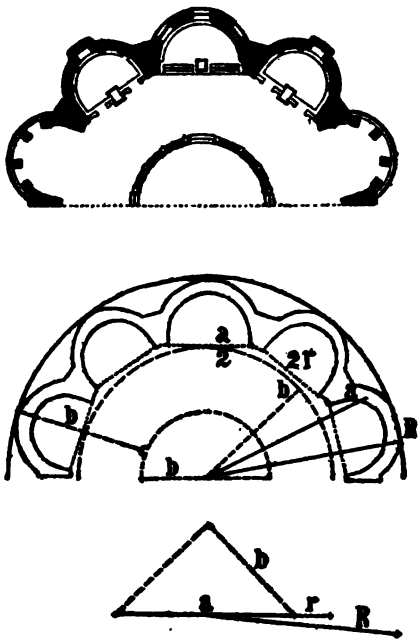
[1]) Siehe Neigungswinkel (Kapitel Malerei).



Abbild. 61. Ansicht des Pantheon in Rom.
Nach Bühlmann und nach dem harmonischen Dreieck.

dem Esquilin in Rom, dar. Der Grundriß (Abbild. 62) zeigt hier 10 Kreisnischen in der Umfassungsmauer. Zwischen denselben bleiben nur die Pfeiler in der nötigen Stärke übrig. Die Nischen reichen von *R* bis *b*. Abbild. 63 zeigt durchwegs harmonischen Aufbau.

Triumphbogen. Der Triumphbogen des Titus (Abbild. 64) besteht aus zwei Mauerflügeln, zwischen denen das Tor in Form eines Tonnengewölbes eingebaut ist. Die Mauerflügel sind mit Säulen,



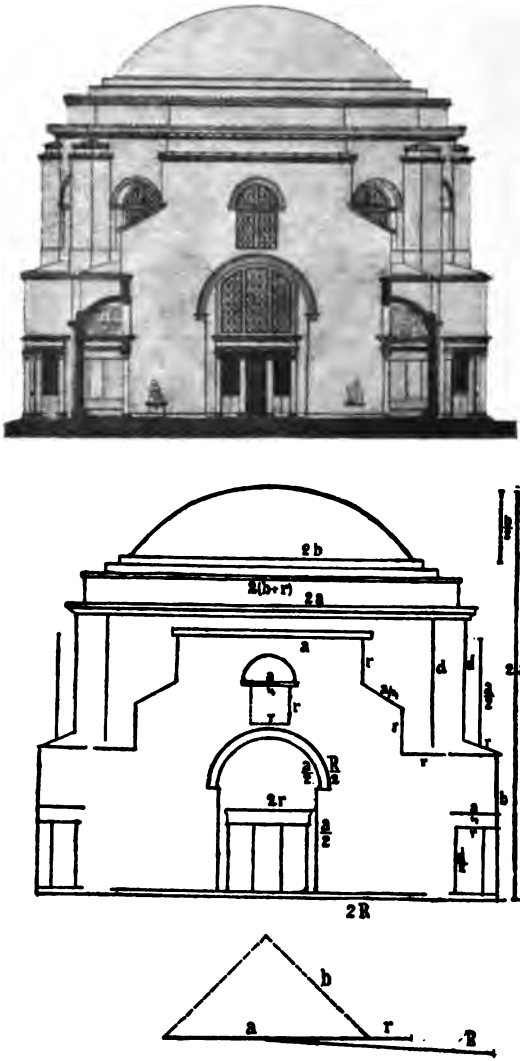
Abbild. 62.

Halber Grundriß des sogenannten Tempels der Minerva medica.

Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

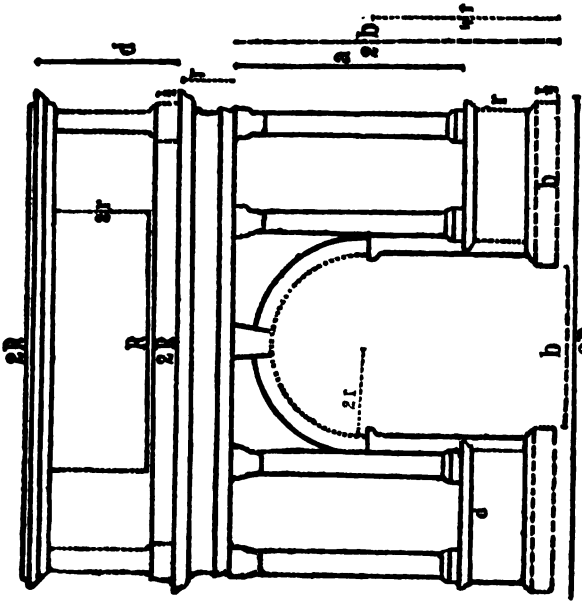
welche komposite Kapitelle haben, umrahmt. Oberhalb des Gebälkes erhebt sich ein verkürztes Obergeschoß, eine Attika, als Abschluß. Die Wände sind mit reichem Schmuck, Reliefbildern, ausgestattet, welche Begebenheiten des Feldzuges darstellen. (Der Titusbogen verewigt bekanntlich ein weltgeschichtliches Ereignis, die Zerstörung Jerusalems.) Er zeigt in seinem Aufbau eine Menge harmonischer Maße. Säulenhöhe *a*, Tordurchmesser *b* usw.

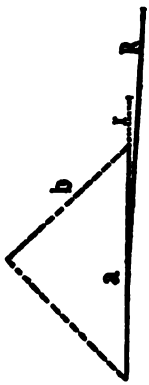
Abbild. 65. Der Triumphbogen des Konstantin in Rom, anläßlich des Sieges Konstantins des Großen über Maxentius (312

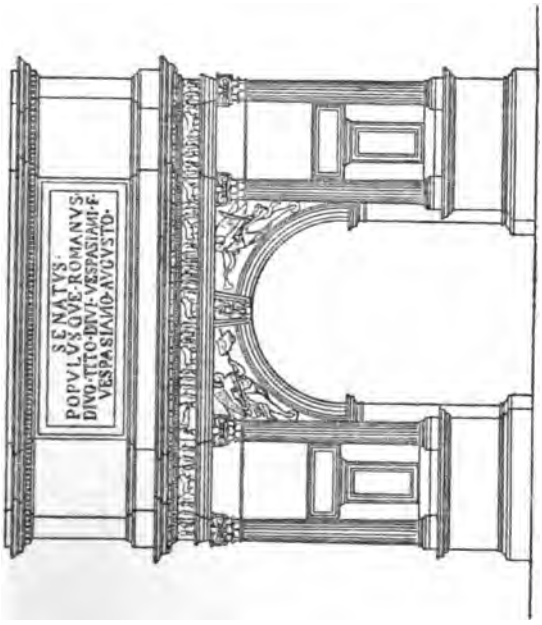


Abbild. 63. Ansicht des sogenannten Tempels der Minerva medica.
Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

n. Chr.) errichtet, hat neben dem großen Tor zwei niedrige Durchgänge in den Mauerflügeln. Die Wände sind reichlichst mit Reliefbildern geschmückt. In seinem architektonischen Aufbau und in den





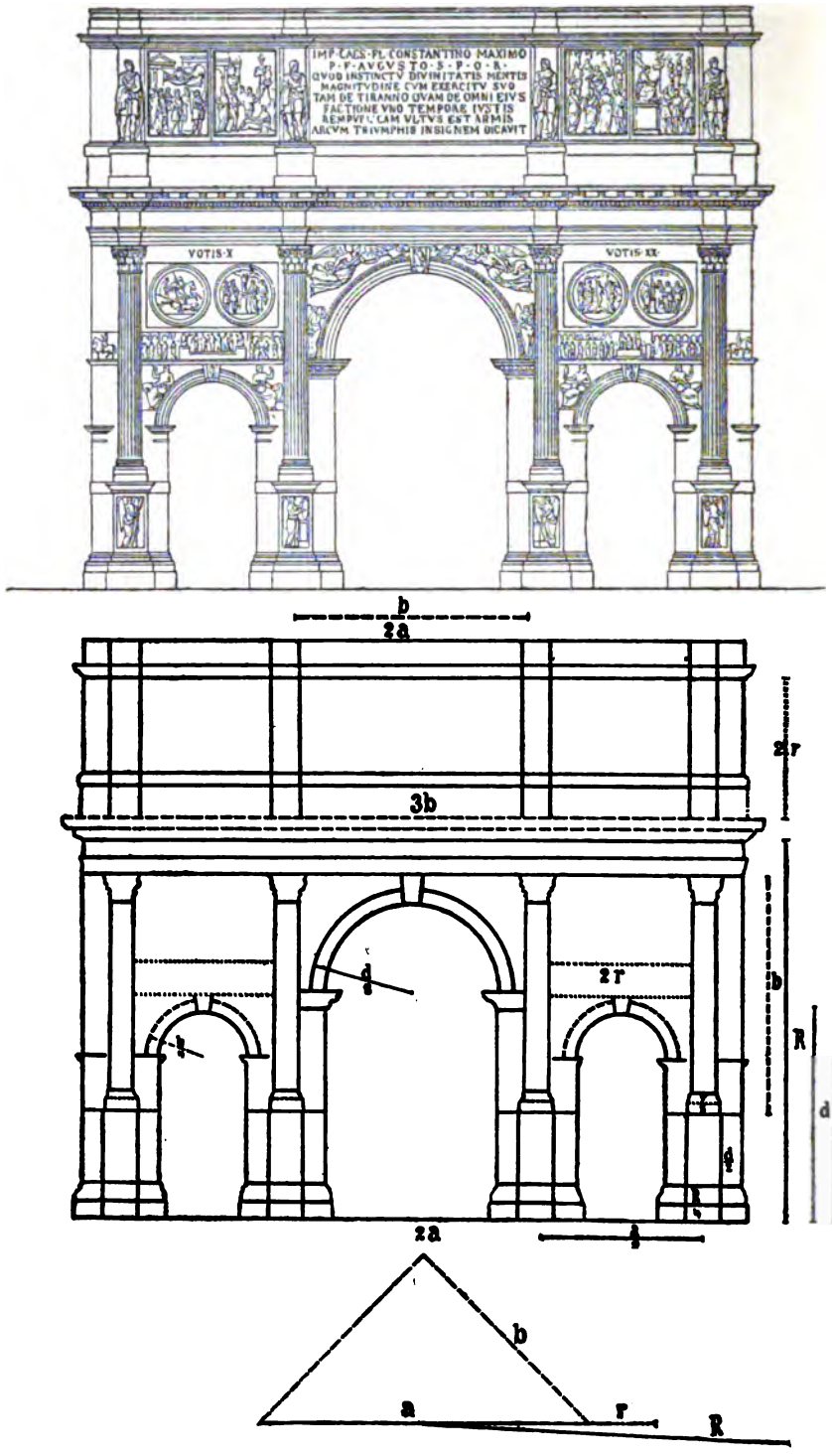


Abbild. 64.

Triumphbogen des Titus in Rom. Nach Bühlmann

und

nach dem harmonischen Dreieck.

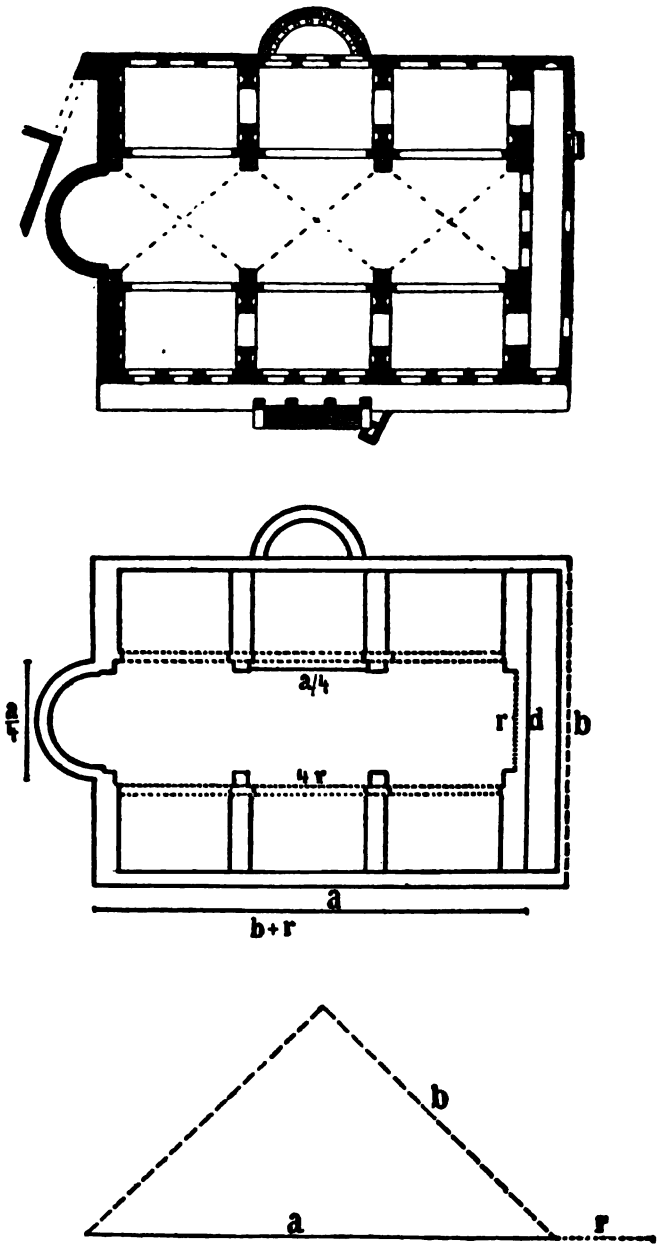


Abbild. 65. Triumphbogen des Konstantin in Rom.
Nach Bühlmann und nach dem harmonischen Dreieck.

harmonischen Maßen steht er hinter dem Titusbogen, der übrigens als einer der schönsten gilt.

Die Basiliken sind für gerichtliche öffentliche Verhandlungen und für Handel bestimmt. Der Name (Basilica Stoa = königliche Halle) ist griechischen Ursprungs. Ihr Grundriß bildete ein regelmäßiges längliches Viereck, bisweilen, wie die des Maxentius (Abbild. 66) ein Rechteck, *a* : *b*. Die Basilika ist besonders in Anbetracht der späteren Baustile von Interesse, weil sie mit der altchristlichen Kirchenform in enger Beziehung steht und ihr teilweise als Vorbild diente.

Die hervorragendsten römischen Bauten weisen ebenso wie die griechischen harmonische Maße auf, die auf dem harmonischen Dreieck fußen. Im allgemeinen war aber die römische Baukunst gerade in der Proportion, in der Verhältnismäßigkeit der Teile untereinander, nicht so glücklich, sie ist darin ihrer Lehrmeisterin, der griechischen, nicht ebenbürtig.

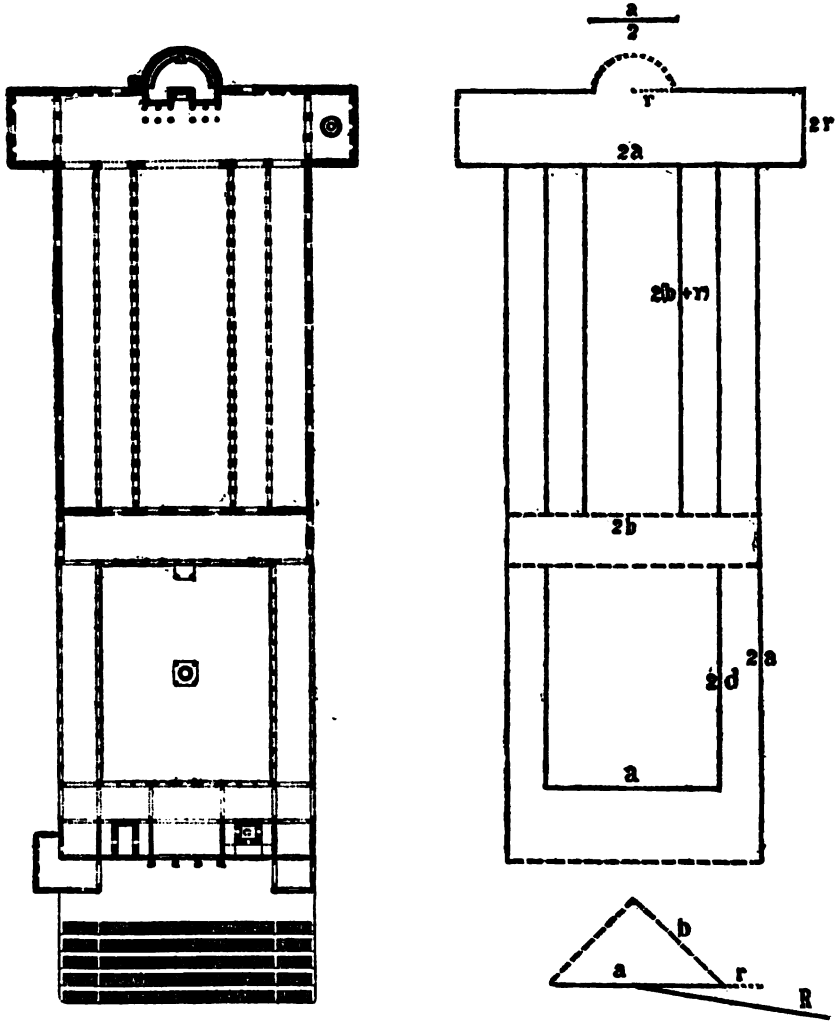


Abbild. 66.

Grundriß der Basilika des Maxentius. Nach Kulm und nach dem harm. Dreieck.

4. Der altchristliche Baustil (Basilikastil).

Zu Beginn der Ausbreitung des Christentums wurden die gottesdienstlichen Versammlungen der Christen in Privathäusern und in den Katakomben gehalten. Erst als das Christentum an Boden

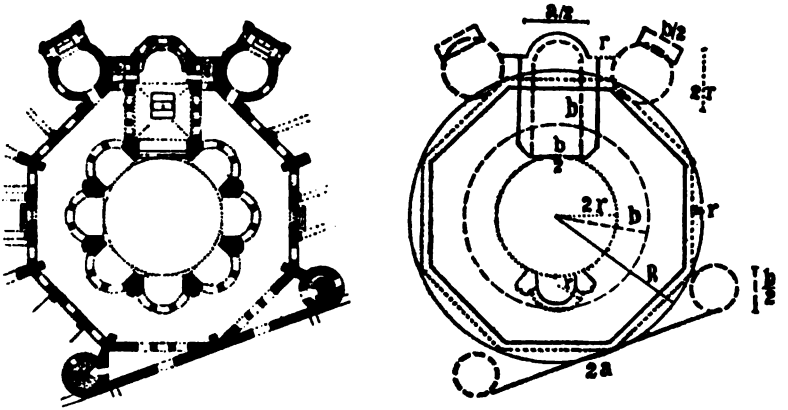


Abbild. 67. Grundriß der früheren Peterskirche in Rom. Nach Warnecke und nach dem harmonischen Dreieck.

gewann und ihm durch Konstantin die Freiheit gegeben ward, machte sich das Bedürfnis nach kirchlichen Gebäuden geltend. Der griechische und römische Tempel war infolge seines kleinen Innenraumes,

der Cella, der die Wohnstätte der Gottheit war, als Versammlungsstätte für die Gemeinden nicht geeignet. Ursprünglich kam daher eine Halle in Betracht, welche, weit und hell, für große Versammlungen zu gemeinsamem Gebet, für Unterricht und Gottesdienst genug Platz bot. Als Vorbild mochte die in den römischen Häusern vorhandene Hausbasilika und die römische Basilika, die Markt- und Gerichtshalle, dienen, von der die Kirchen den Namen erhielten.

Der Basilikastil hat zwei Haupttypen: Bauten mit ausgesprochener Längsrichtung, Basiliken im eigentlichen Sinne des Wortes, und Rund- oder Zentralbauten. Eine Basilika zerfällt in drei Hauptteile,

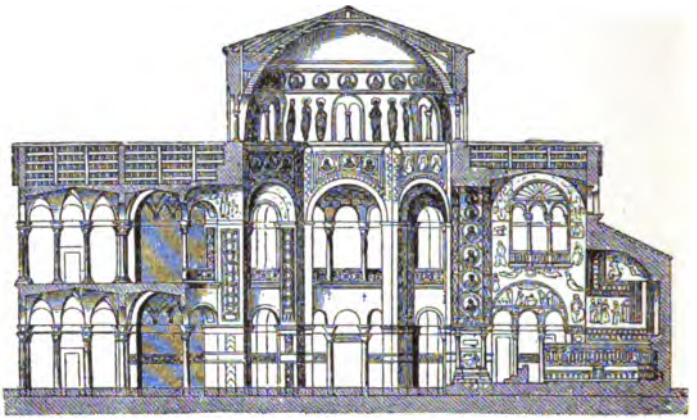


Abbild. 68.
Grundriß von S. Vitale in Ravenna.
Nach Essenwein
und nach dem harm. Dreieck.

nämlich in den Vorhof oder Atrium für die Büßenden, das Schiff oder Langhaus, wo die vollberechtigten Gemeindemitglieder sich versammelten, und das Presbyterium oder die Apsis für den Altar und die Priester. Das Atrium fehlt bei vielen Kirchen. Das Schiff ist häufig durch 2 oder 4 Säulenreihen in 3, beziehungsweise 5 Schiffe gegliedert, von denen das Mittelschiff am breitesten und höchsten ist. Zwischen dem Langbau und der Apsis ist oft ein Querschiff eingeschoben, meistens breiter als das Langhaus, so daß die Grundlinien Kreuzform haben. Säulen und Gebälkstücke wurden aus allen möglichen heidnischen Bauwerken in die Basilika übernommen. Eigen-

tümlich für den Basilikastil ist das Auftreten des Würfelkapitells in Form eines nach unten abgerundeten Würfels.

Die bedeutendsten Bauten dieses Stiles sind in Rom, Ravenna, Neapel und in Byzanz, dessen Bauten sich von dem Basilikastil so unterscheiden, daß sie zu einem eigenen, dem byzantinischen, gerechnet werden. Es ist übrigens nicht leicht, die Baudenkmale des Basilikastiles genau abzugrenzen, weswegen viele Bauten dem byzantinischen, andere wiederum dem romanischen Stile eingereiht werden.



Abbild. 69.

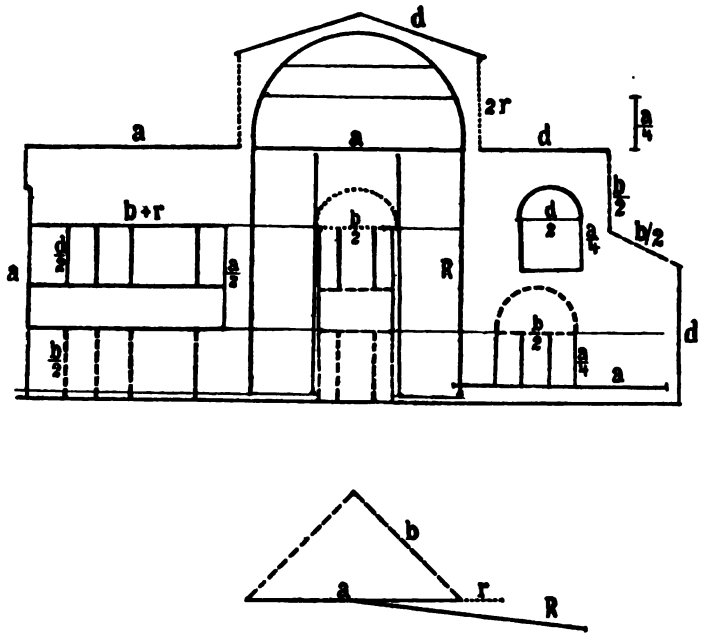
Durchschnitt von S. Vitale in Ravenna. Nach Reber.

Abbild. 67. Alte Peterskirche in Rom. Die beiden berühmtesten Bauten des 4. Jahrhunderts waren die alte Peterskirche und die Paulskirche vor den Mauern, von denen aber keine mehr unversehrt bis auf heute erhalten ist, denn die Paulskirche brannte 1823 nieder und die alte Peterskirche hatte in der Renaissancezeit der neuen Platz gemacht. Der Grundriß der alten Peterskirche (Abbild. 67) zeigt die Hauptteile, das Atrium mit einer offenen Säulenhalle ringsum, in dessen Mitte der Weihbrunnen, das Langschiff, das durch 4 Säulenreihen in 5 Schiffe gegliedert ist. An das Langschiff schließt sich ein Querbau, in dem der Altar steht. In der halbkreisförmigen Apsis befinden sich der Bischofsstuhl und die Sitze für die höhere Geistlichkeit.

Nimmt man die Länge des Querhauses mit $2a$ an, so ist das Langschiff $2b$, das Mittelschiff ist $\frac{a}{2}$ breit, $2(b + r)$ lang. Die Raumwirkung war eine sehr schöne. Die unkannelierten jonischen Mar-

morsäulen, von einem heidnischen Bauwerk stammend, trugen einen Architrav. In anderen Basiliken sind die Säulen durch Bogen verbunden.

Abbild. 68, 69. S. Vitale in Ravenna. Von Zentralbauten des Basilikastiles sei S. Vitale in Ravenna erwähnt. Diese Stadt hat im 5. und 6. Jahrhundert durch Verlegung der Residenz des römischen Kaisers und durch den Ostgotenkönig Theodorich den Großen eine besondere Blüte erreicht, in der auch zahlreiche Baudenkmäler erstan-



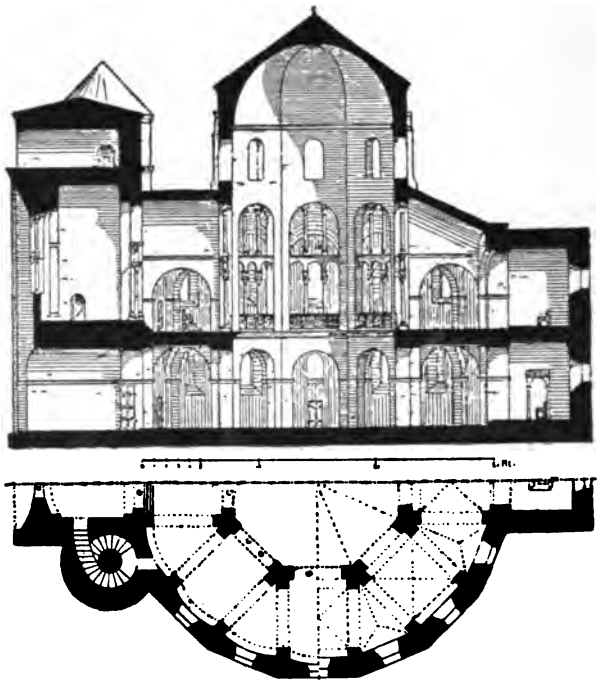
Abbild. 69.

Durchschnitt von S. Vitale in Ravenna.

Nach dem harm. Dreieck.

den. Unter diesen gehören die Basiliken S. Apollinare Nuovo und S. Vitale zu den bedeutendsten. Der Grundriß von S. Vitale stellt ein Achteck dar, über dem sich, von acht durch Rundbogen verbundenen Pfeilern getragen, eine halbkugelförmige Kuppel erhebt. Diese wird von einem ebenfalls achteckigen, doppeltgeschossigen Umgang umgeben. Zwischen den Pfeilern sind 7 doppelgeschossige Nischen, welche von Säulen gestützt werden und mit Halbkuppeln überwölbt sind. Statt der achten ist im Osten ein Rechteck eingeschoben, welches in die halbrunde Apsis mündet. Gegenüber im

Westen ist die Vorhalle mit zwei Rundtürmen, deren schräggestellte Anlage durch die Bodenbeschaffenheit bedingt war. Die Pfeiler sind vom Zentrum $2r$ entfernt, die Nischensäulen stehen im Kreise mit dem Halbmesser b. Die Umfassungsmauer wird vom harmonischen Kreise eingeschlossen. Der Durchschnitt (Abbild. 69) zeigt ebenfalls harmonischen Aufbau.



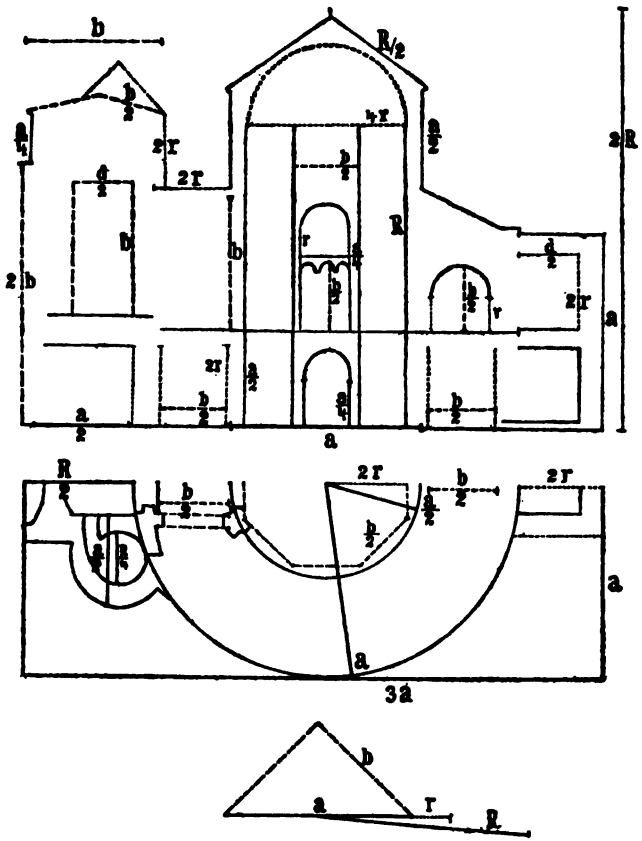
Abbild. 70.

Durchschnitt und Grundplan der Palastkapelle Karls des Großen in Aachen.

Nach Reber.

Abbild. 70. Die Palastkapelle Karls des Großen in Aachen. Auch im Norden hatte der Basilikastil Eingang gefunden. Hauptsächlich nahm unter Karl dem Großen die Bautätigkeit einen besonderen Aufschwung. Das bedeutendste noch vorhandene Denkmal ist die Palastkapelle, die zwischen 796 und 804 erbaut wurde. Als Vorbild dienten der alte Dom von Brescia und hauptsächlich S. Vitale in Ravenna; sie ist ihnen nicht nachgeahmt, sondern zeigt in Konstruktion und Komposition manche Eigentümlichkeiten. Der Grundplan bildet ein innen regelmäßiges, von Pfeilern getragenes Achteck (im Durchmesser

15 m), das sich in zwei Stockwerken aufbaut. Die Kuppel schließt sich in acht Kappen 32 m über dem Boden. Dem Achteck liegt als doppelgeschossiger Umgang ein Sechzehneck an. In den unteren Geschossen wird der Umgang zwischen den Gurtbogen mit Kreuzgewölben und dreikappigen Gewölben eingedeckt, in den oberen treten an die Stelle der Kreuzgewölbe Tonnen, die vom Sechzehneck



Abbild. 70.

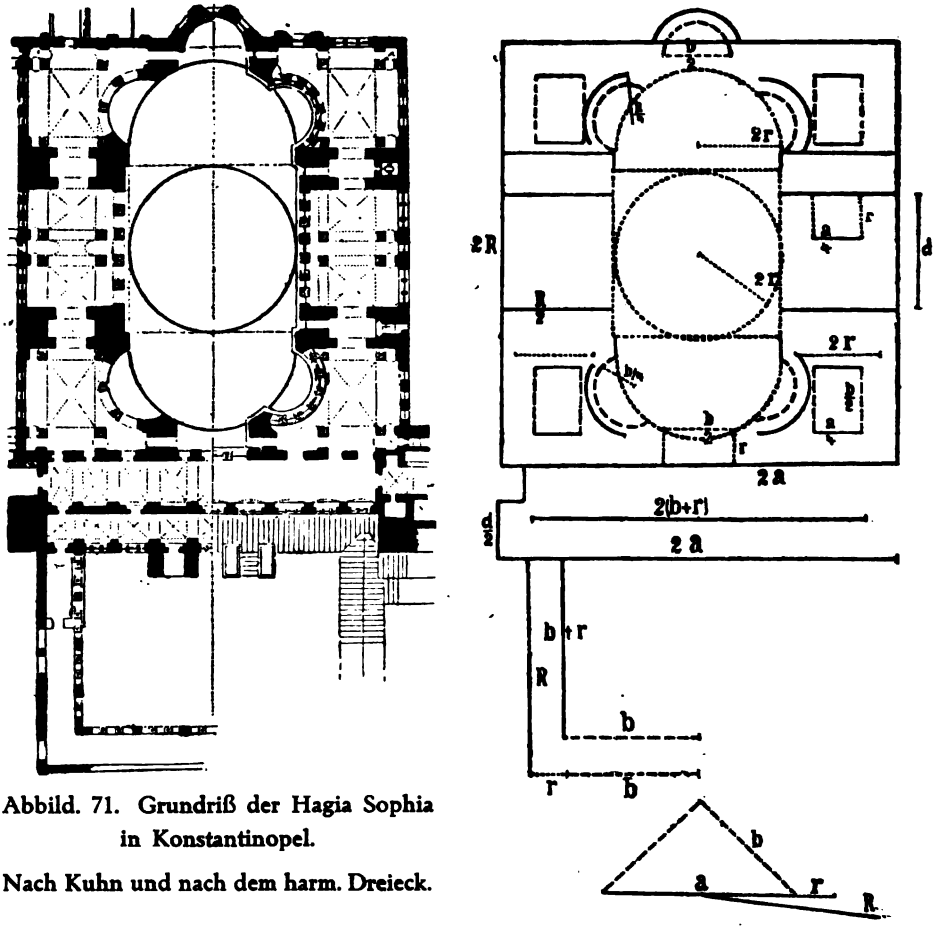
Durchschnitt und Grundplan der Palastkapelle Karls des Großen in Aachen. Nach dem harm. Dreieck.

aus gegen das Achteck ansteigen und die Aufgabe von Streben (vgl. «Gotik») erfüllen. In der Hauptachse ist am Eingange eine doppelte, im oberen Teile heute veränderte Turmanlage vorgelegt. Die Apsis im Osten wurde später durch eine glänzende gotische Chorkirche verdrängt. Die Länge der Kirche mit 3 *a* angenommen ergibt einen

Durchmesser des Sechzehneckes von $2a$, eine Höhe der Kuppel von $2R$, Höhe der Geschosse $2r$, b usw.

Nach dem Vorbilde der Palastkapelle in Aachen wurden in den folgenden Jahrhunderten manche Bauten ausgeführt.

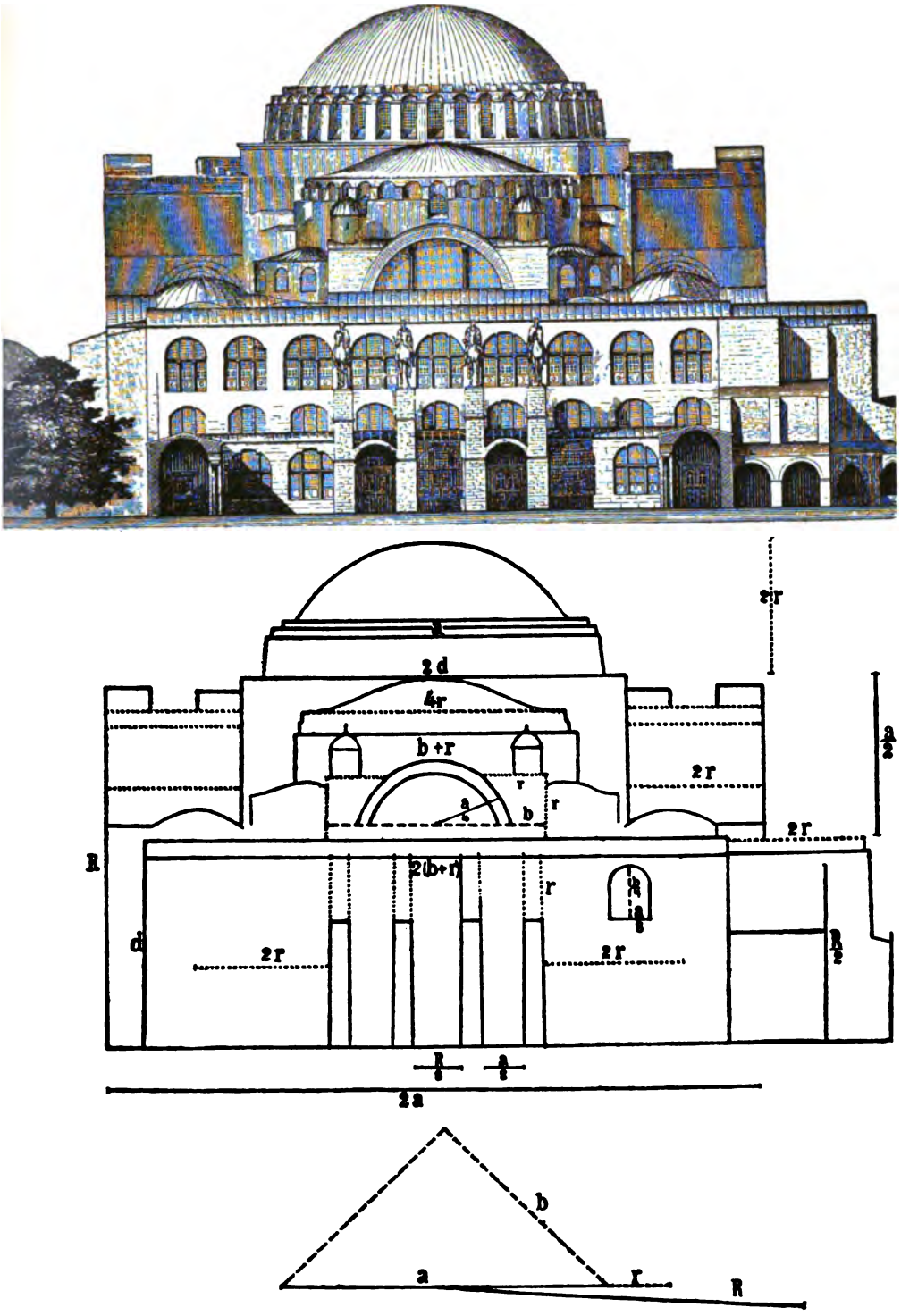
5. Der byzantinische Baustil.



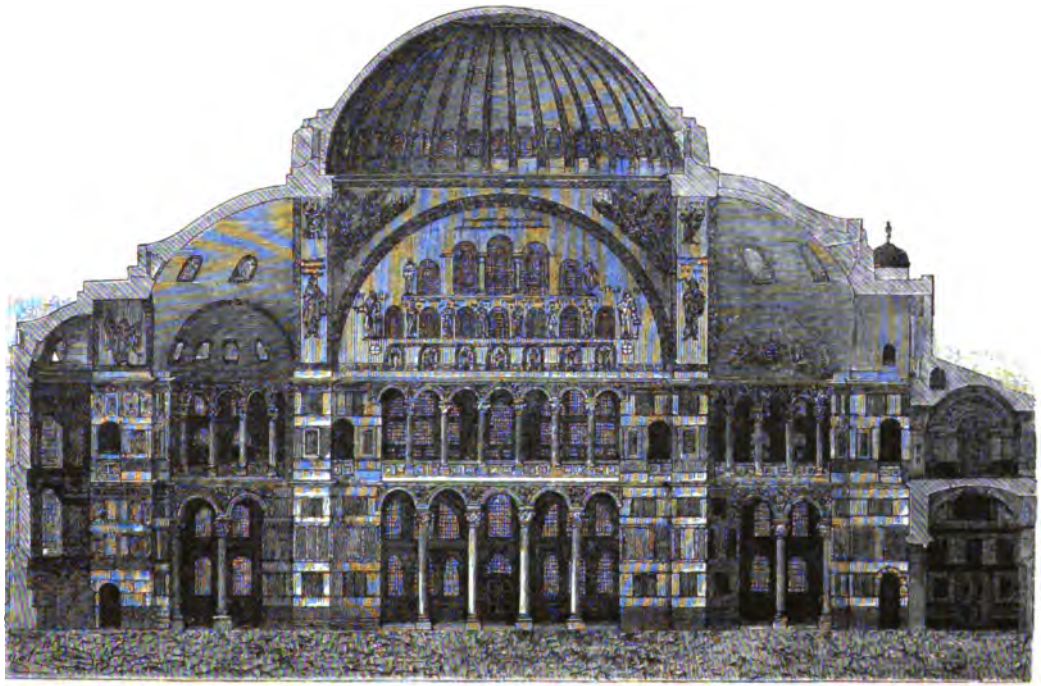
Abbild. 71. Grundriß der Hagia Sophia in Konstantinopel.

Nach Kuhn und nach dem harm. Dreieck.

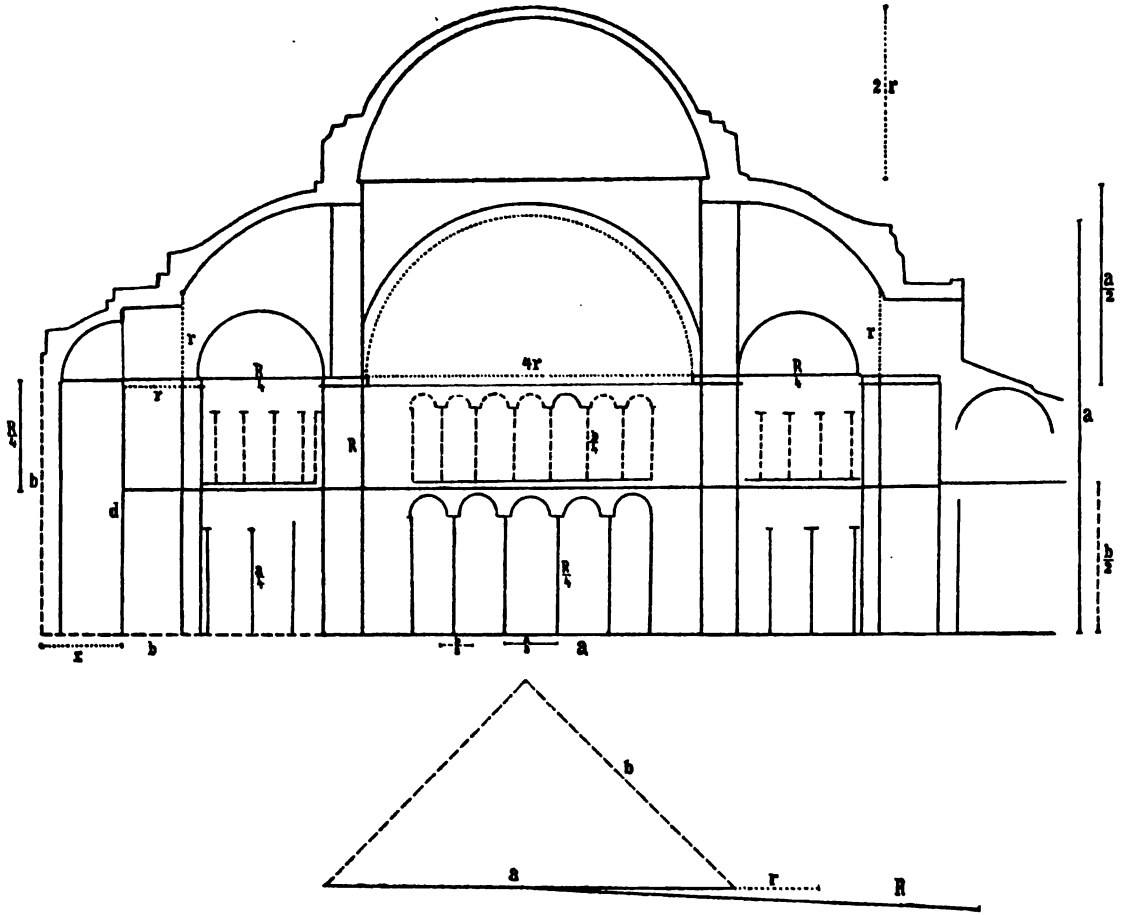
Im oströmischen Reiche nahm die Baukunst eine eigene Entwicklung, sie entwickelte sich dort zu einem neuen Stile, dem byzantinischen. Das bedeutendste Bauwerk ist die Hagia Sophia in Byzanz, der Hauptstadt des oströmischen Kaiserreiches. Sie wurde an Stelle einer alten Kirche Konstantins des Großen errichtet und



Abbild. 72. Frontansicht der Hagia Sophia.
Nach Adamy und nach dem harmonischen Dreieck.



Abbild. 73. Längsschnitt durch die Hagia Sophia. Nach Veuillot.



Abbild. 73. Längsschnitt durch die Hagia Sophia.
Nach dem harm. Dreieck

nach Zerstörung durch eine Feuersbrunst unter Justinian im 6. Jahrhunderte neu erbaut. Im Jahre 1453 wurde sie nach Eroberung Konstantinopels durch die Türken in eine Moschee verwandelt.

Die Hagia Sophia hat die Verbindung zwischen Zentralbau und Langhausbau glänzend gelöst. Wie bei der Basilika liegt dem eigentlichen Bau ein Vorhof (Atrium) vor, im Innern von offenen Hallen begrenzt, deren Dach auf Säulen ruhte. Aus dem Vorhofe führen neun Eingänge in die Vorhalle. An den Mitteltoren erheben sich vier hohe Pfeiler, welche einstmals Reiterstatuen trugen. Der Hauptraum ist 72 m lang, 30 m breit ($72 : 30 = a : 2r$) und erinnert an das Mittelschiff der Basilika. Die Höhenentwicklung ist daher die der Zentralbauten. Vier Pfeiler in der Mitte der Anlage, verbunden durch halbkreisförmige Gurtbogen, tragen den Fußkranz der Kuppel (Höhe 54 m, Spannweite 30 m, $54 : 30 = b : 2r$). Die Kuppel ist fast von jedem Punkte des Hauptschiffes sichtbar. An die Kuppel lehnen sich zwei Halbkuppeln, welche sich gegen die Mittelkuppeln öffnen. An die Halbkuppeln lehnen sich je zwei halbkreisförmige Ausbuchtungen und in der Hauptachse ein Tonnengewölbe.

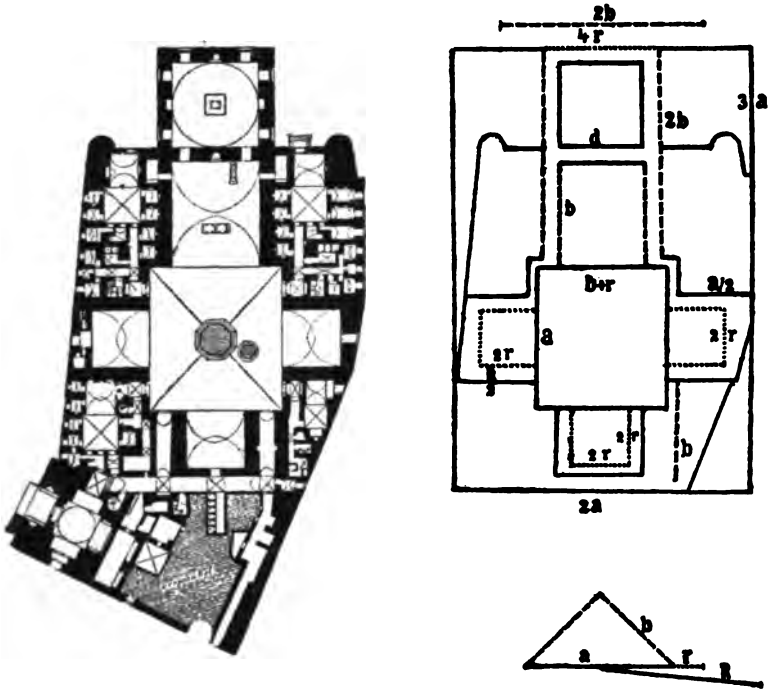
Die Seitenschiffe sind doppelgeschossig. Das Innere war mit prächtigen Mosaikbildern ausgeschmückt, welche von den Türken übertüncht wurden.

Die harmonischen Verhältnisse des Aufbaues treten sowohl im Grundriß als auch im Durchschnitt und im Aufriß deutlich hervor. Eigentümlich ist das häufige Auftreten der Maße r, $2r$. Die Hagia Sophia war vorbildlich für eine Reihe anderer byzantinischer und mohammedanischer Bauten.

6. Der mohammedanische Baustil.

Die Kunst des Islams beschränkt sich infolge des Bilderverbotes hauptsächlich auf die Baukunst, die aber in bezug auf die konstruktive Seite von den Baustilen abhängig ist, welche die kriegslustigen Scharen Mohammeds in den eroberten Ländern antrafen. So kam es, daß sie stark von dem römischen und byzantinischen Baustil beeinflußt ward, deren Baudenkmäler die Mohammedaner auch für ihren Gottesdienst benützten. Von einer Stilreinheit kann daher nicht gesprochen werden; doch weisen die Bauten des Islams trotz der größten Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit eine gewisse Übereinstimmung auf. Der Islam bevorzugt Kuppeln, meist von kürbis- oder zwiebelartiger Gestalt, weiters lange Arkaden und Hallen und schlanke, zierliche Türme, die Minarette, sein Eigenstes

und Vollendetstes ist aber die Dekoration der Flächen durch Ornamente, bestehend aus geometrischen Figuren, Schriftzügen und Blattwerk. Die Zeichnungen der bunten Teppiche, die der Araber während seines Nomadenlebens mit sich führte und worin zuerst sein Können in der Kunst zum Ausdrucke kam, wurden auf die Wände seines Gotteshauses übertragen. Die Freude an «seinen Bildern» bekundete auch der reiche Teppichschmuck vieler Moscheen. Die Deko-



Abbild. 74. Grundriß der Moschee des Sultans Hasan in Kairo. Nach Kuhn und nach dem harm. Dreieck.

ration, die in der Architektur nur eine Zugabe ist, wurde bei den Mohammedanern zur Hauptsache.

Die schönsten Blüten trieb die Baukunst des Islams im äußersten Osten und Westen. Bekannt sind mohammedanisch-maurische Denkmäler in Spanien, die Alhambra in Granada mit dem Myrtenhof und dem Löwenhof und die große Moschee in Cordoba. In Indien brachte besonders die Zeit der Mogulherrschaft (nach 1526) besonders schöne Bauten hervor, von denen die in Agra und Umgebung hervorragen. Doch sind auch die aus der ersten Bauperiode, 12. bis

15. Jahrhundert, erwähnenswert, deren Denkmäler stärker den indischen Einfluß zeigen. So nahmen die Minarette etwas von den altindischen Siegessäulen und Dagops an. Der sogenannte Kutab-Minar der Kutab-Moschee in Delhi ist eine runde, kannelierte Pfeilersäule mit einem unteren Durchmesser von 16 m und einer Höhe von 73 m. Die Höhe verhält sich zum Durchmesser wie $2R : \frac{a}{2}$ oder $\sqrt{5} : \frac{1}{2}$ ($2R = 73$, $\frac{a}{2} = 16{\cdot}3$) und weist dieselben harmonischen Verhältnisse auf wie griechische Säulen.

Abbild. 74. Sultan Hasan-Moschee in Kairo, zwischen 1356 und 1359 erbaut, ist das vollendetste Beispiel einer Moscheeschule. Um einen über 30 m im Geviert messenden Hof öffnen sich vier mächtige, in Spitzbogentonnen eingewölbte Hallen (Liwane), von denen die mit dem der Gebetnische (Mihrab) an der Südostseite die größte ist. Die Teile in den Ecken zwischen den Liwanen sind ausgefüllt durch Gebäude, welche als Lehrsäle und Wohnungen für die Schüler dienen. Die Vierzahl entspricht den vier Sekten der islamitischen Religion, die hier getrennt Schule halten. An der Hinterwand des Hauptliwans ist das große, quadratische Mausoleum über dem Grabe des Stifters angebaut, über das sich die ungeheure Kuppel von über 20 m Durchmesser wölbt. An der Ostseite springen symmetrisch zwei Minarette vor. Der Grundriß ist, wie bei den meisten Moscheen, rechteckig[1]), doch ist das gewöhnliche Schema stark umgestaltet, indem der freie Hofraum mit dem Brunnenbau auf enge Grenzen beschränkt und von massiven Bauten umgeben ist. Die Grundform ist ein Rechteck, 2 : 3, die Verhältnisse der einzelnen Teile sind harmonisch.

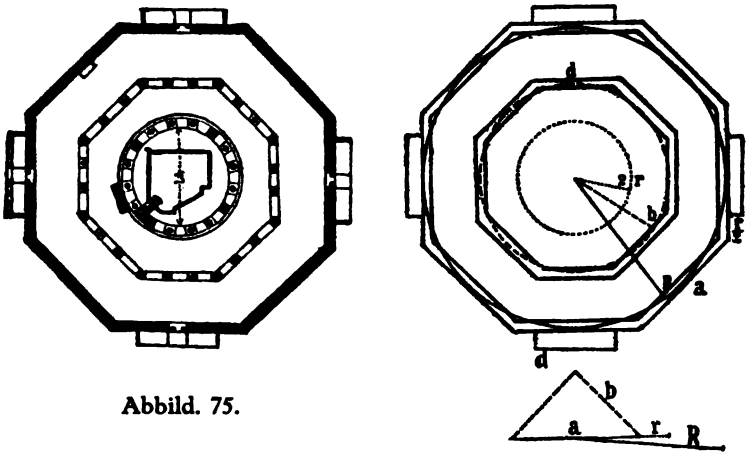
Abbild. 75. Der Felsendom in Jerusalem oder die «Kuppel der Felsen» — Kubbet-es-Sachra — erhebt sich über einem Felsen mit einer Höhle, von dem allerlei Geheimnisvolles erzählt wird. Der Grundriß und Aufbau gleicht dem eines altchristlichen Rund- oder Zentralbaues, wahrscheinlich ein altchristliches Denkmal oder von byzantinischen Baumeistern gebaut. Neben dem Felsen erhebt sich, von vier Säulenpfeilern getragen, die stattliche Kuppel mit glänzendem Mosaikschmuck. Den Mittelbau umschließt ein Achteck aus 16 Säulen

[1]) Die Grundform der Moschee bildet in der Regel ein Rechteck, wie das Nationalheiligtum der Araber in Mekka, mit einem großen rechteckigen Hofraum, der mit gedeckten Säulengängen umgeben ist. Im freien Hofraum erhebt sich ein freistehender Brunnen für die religiösen Waschungen. Der wichtigste Teil ist die Gebetsnische (Mihrab), die gegen Mekka gerichtet ist.

und 8 Eckpfeilern. Der Grundriß der Umfassungsmauer ist ebenfalls achteckig. Die Säulen zeigen römische und byzantinische Formen.

Die äußere Seite der Umfassungsmauer als *a* angenommen, gibt einen Durchmesser des Achteckes der Umfassungsmauern von $2R$. Die Kuppel hat einen Durchmesser von $4r$, das innere Achteck einen von $2b$. Die Höhe der Kuppel ist $6r$ hoch, so daß der Durchmesser zur Höhe im Verhältnis von 2 : 3 steht.

Das Grabmal Etmad-ud-Daulas in Agra (Abbild. 76), eines der schönsten Baudenkmäler aus der Mogulzeit, ist aus weißem Mar-



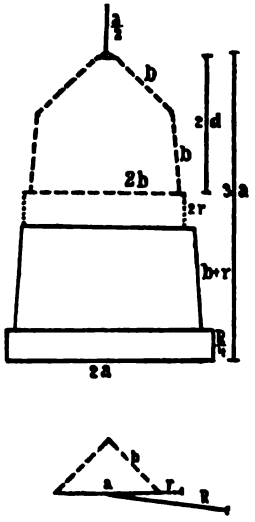
Abbild. 75.

Grundriß des Felsendomes in Jerusalem. Nach Kuhn und nach dem harm. Dreieck.

mor und in einem herrlichen Garten gelegen. Die Anlage ist quadratisch, in den Ecken erheben sich vier Minarette, in der Mitte liegt über rechteckigem Unterbau eine sogenannte Kloster- oder Helmkuppel. Die Ansicht zeigt schöne Verhältnisse. $2R$, b, a, r usw.

Kalifengrab in Kairo (Abbild. 77). Östlich der Stadt Kairo erheben sich die interessantesten Bauten der mohammedanischen Baukunst in Ägypten, die Kalifen- oder Mamelukengräber. Der kuppelförmige Bau weist im Aufbau und in den Details harmonische Verhältnisse auf. Durchmesser $2a$, Höhe $3a$ usw.

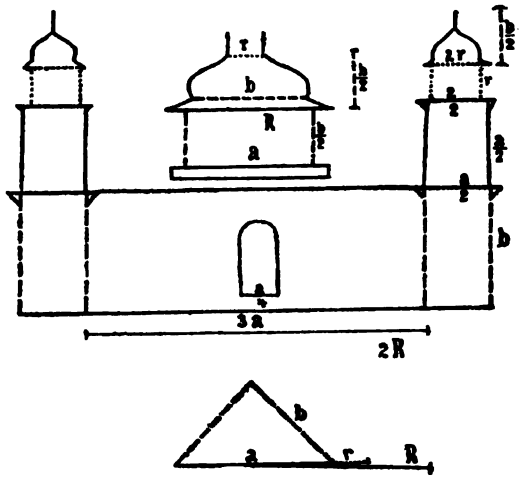
Abbild. 76. Das Grabmal Etmad-ud-Daulas in Agra.
Nach Kuhn.



Abbild. 77. Kalifengrab in Kairo. Nach Kuhn und nach dem harm. Dreieck.

7. Der romanische Baustil.

Der Baustil, welcher von 900—1200 im christlichen Abendlande üblich war und als romanischer Baustil bezeichnet wird, hat die



Abbild. 76. Das Grabmal Etmad-ud-Daulas in Agra.
Nach dem harm. Dreieck.

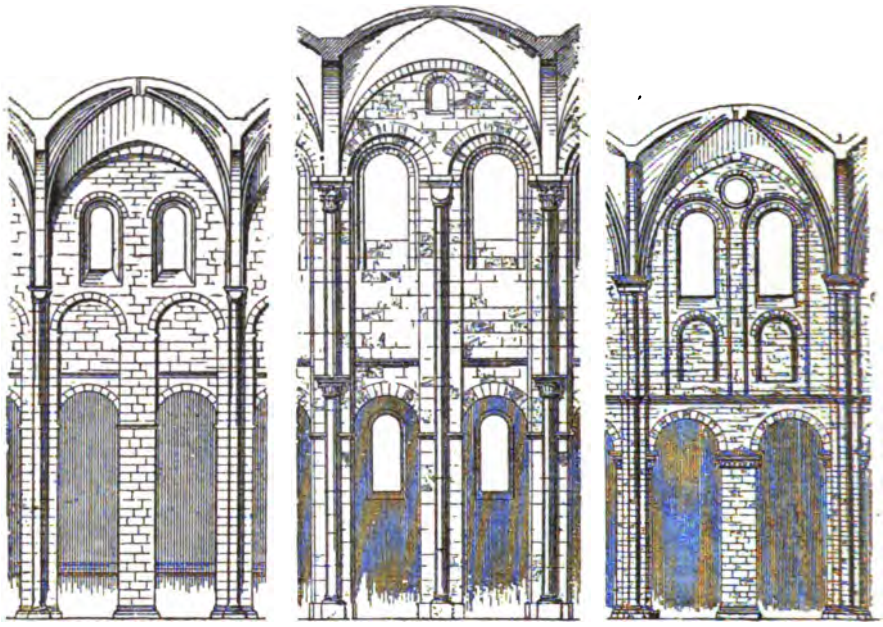
römische Baukunst zum Ausgangspunkte, aus der er durch Weiterbildung und Umbildung der römischen Formen entstand, ähnlich wie aus dem Latein die romanischen Sprachen Italienisch, Französisch, Spanisch sich entwickelten. Es wäre aber irrig, wollte man aus dem Worte schließen, daß dieser Baustil in romanischen Ländern sich entwickelte oder vorwiegend verbreitet ist. Im Gegenteile, Deutschland und besonders Sachsen haben den hervorragendsten Anteil an seiner Entwicklung genommen. Der romanische Stil ist in den verschiedenen Ländern nicht gleichartig. Jedes Land hat seine eigene Art.

Der ganze Stil beruht, wie Kuhn sagt,[1]) weniger auf bestimmten Gesetzen, als vielmehr auf einer allgemeinen Geschmacksrichtung oder auf einem dunkel empfundenen Ideale, dem man zustrebte. Allein in dieser ganzen bunten Mannigfaltigkeit der Formen und Bildungen liegen doch bestimmte Regeln, welche sich in einer Folge organischer Grundgedanken aussprechen, so daß man ganz wohl von romanischer Konstruktion, Ornamentation und ästhetischer Eigentümlichkeit reden kann.

Die Kunst stand damals im Dienste der Religion und wurde hauptsächlich von Mönchen ausgeübt, daher sie fast ausschließlich Kirchenbauten ausführte. Die romanische Kirche ist im Grund-

[1]) l. c. S. 383.

riß und Aufbau auf die altchristliche Basilika zurückzuführen. Aber das Atrium und die Vorhalle fallen meist weg. Die Kreuzgestalt ist im Grundriß deutlich betont durch Einschiebung des Querschiffes. In den älteren Kirchen war in der Regel eine flache Decke, seit dem 12. Jahrhunderte kamen mehr die gewölbten Decken, hauptsächlich das Kreuzgewölbe, in Anwendung. Werden an den Stellen, wo im

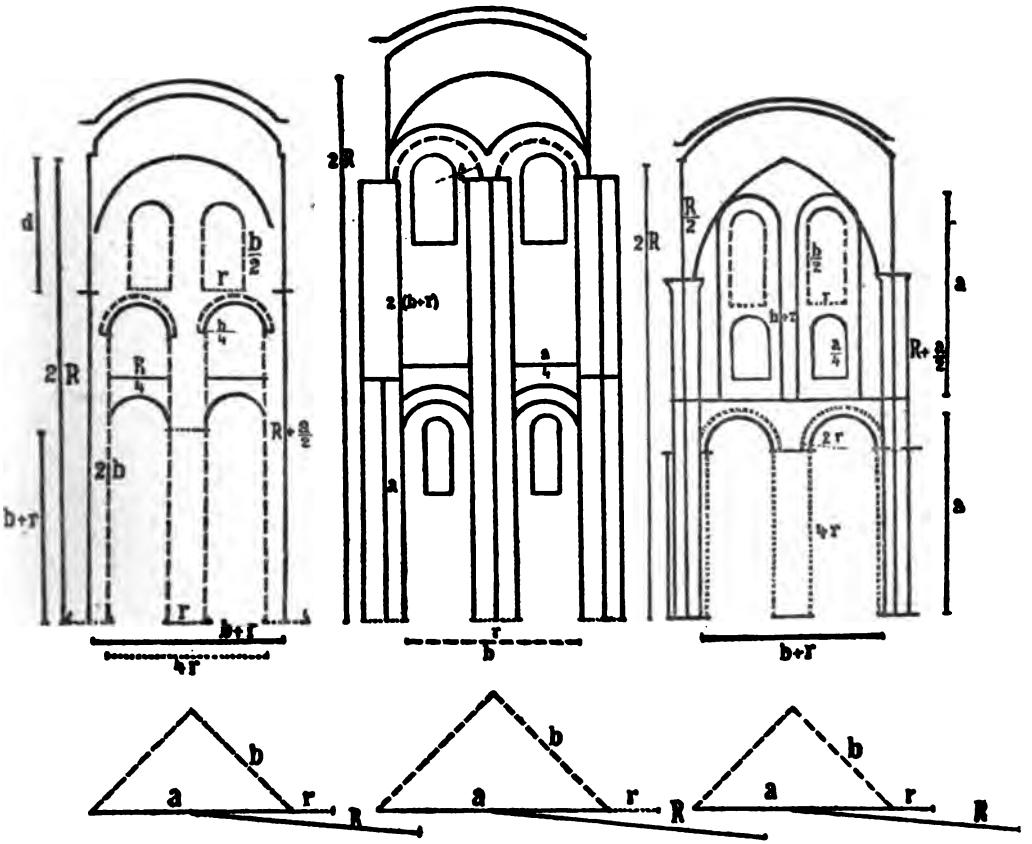


Abbild. 78, 79 und 80.

System des Domes von Mainz, des Domes zu Speyer und des Domes zu Worms. Nach Kuhn und nach dem harm. Dreieck.

Gewölbe scharfe Kanten aneinanderstoßen, schmale, aber feste steinerne Gurten, Kreuzrippen genannt, eingesetzt, so entsteht das Gurtgewölbe. Die Kreuzrippen ruhten meistens auf eigenen gesonderten Vorlagen am Pfeiler, welcher von der Basis bis zum Ansatze des Gewölbes geführt wurde. Dadurch wurde der Pfeiler aus einer Masse zu einer Vielheit eng verbundener Einheiten, in den Bündelpfeiler, umgewandelt, welcher aber erst in der Gotik seine Entwicklung zum Abschlusse brachte. Wie der Pfeiler gleichsam in Einzelglieder aufgelöst wurde, so wurden auch die Wandflächen gegliedert durch architektonisch schöne Einteilung (Abbild. 78—80). Die einzelnen Glieder, so-

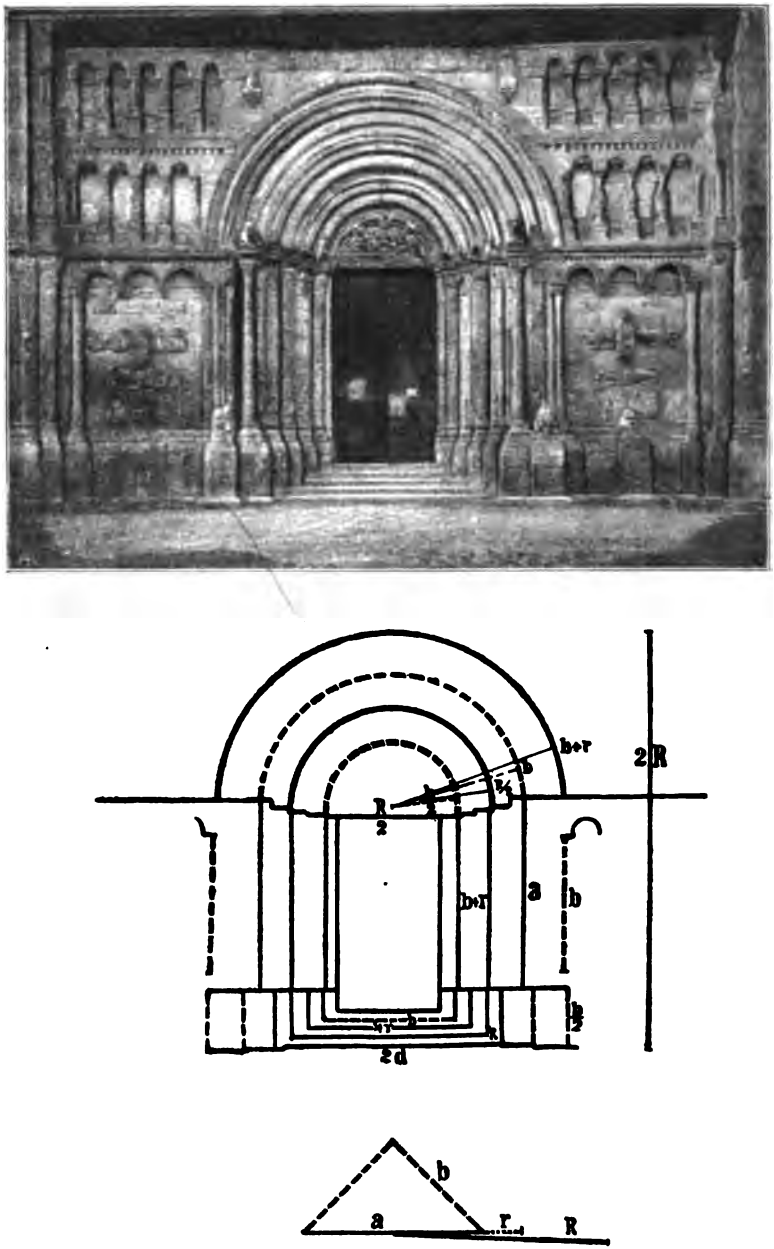
wie die Pfeiler, Fenster, Bogenweiten und Höhen der Arkaden und Gesimse zeigen durchwegs harmonische Maße, wenn man die Höhe der Wandfläche mit $2R$ annimmt. Das Streben in die Höhe, der Vertikalismus, tritt im romanischen Stil in voller Klarheit zum Vorschein nicht nur in den Einzelheiten der Pfeiler, besonders der dazu geschaffenen Bündelpfeiler, der Wandflächen, sondern auch vor allem



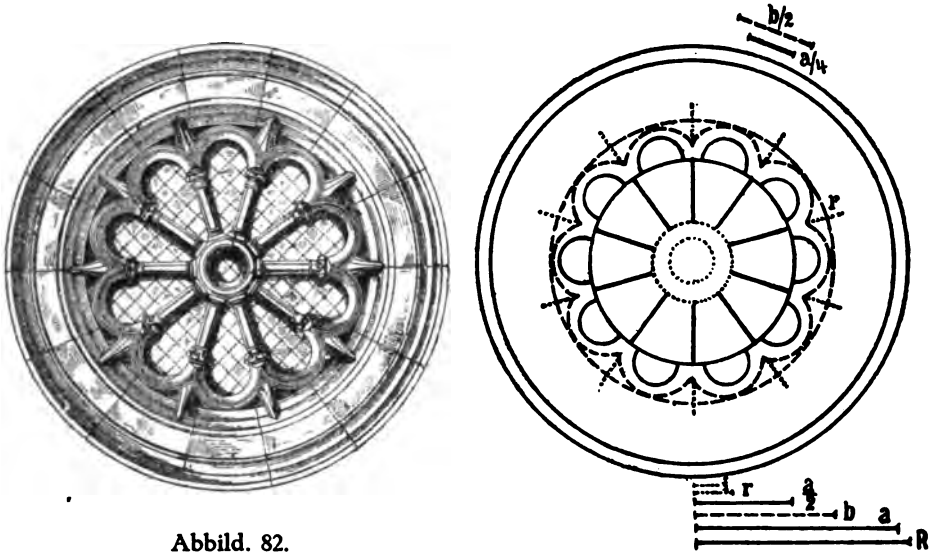
Abbild. 78, 79 und 80.

System des Domes von Mainz, des Domes zu Speyer und des Domes zu Worms. Nach Kuhn und nach dem harm. Dreieck.

in den Fassaden (vgl. Abbild. 84, 86). Die Fassaden der ägyptischen, griechischen und römischen Bauten waren fast durchwegs vom liegenden, horizontalen Rechteck ($2:3$, $R:b$, $a:b$) umrahmt. In dieser Baukunst war der Horizontalismus vorwiegend. Die romanische Bau-



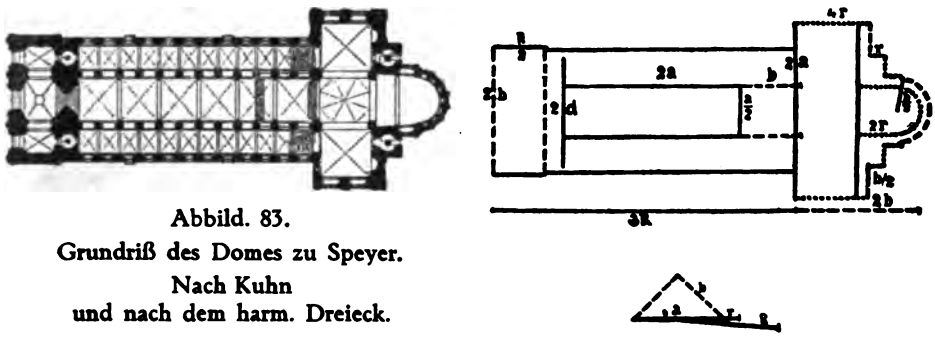
Abbild. 81. Portal der St. Jakobskirche in Regensburg. Nach Kuhn und nach dem harmonischen Dreieck.



Abbild. 82.

Radfenster der Kirche zu Trebitsch.

Nach Kuhn
und nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 83.

Grundriß des Domes zu Speyer.

Nach Kuhn
und nach dem harm. Dreieck.

kunst stellt das Rechteck aufrecht. Da ein Hauptaugenmerk bei Fassaden auf die Toranlage gelegt war, erweitert sich von der Türe aus der Zugang nach außen. Die schrägen Linien sind in mehrere rechtwinkelige Einschnitte abgestuft, in die Säulen hineingestellt wurden. Neben dem Kapitell sitzt, im Halbkreisbogen die gegenüberstehende Säule verbindend, ein Wulst. So entstand der Rundstab über der Türöffnung, ein mit plastischem Schmuck ausgezeichnetes Bogenfeld

oder Tympanon (Abbild. 81). Das Portal der St. Jakobskirche in Regensburg zeigt eine solche Toranlage, die, in ihrem Aufbau als Ganzes betrachtet, harmonische Maße aufweist. Über dem Portale wird vielfach ein Radfenster zur Zierde der Fassade angebracht. In

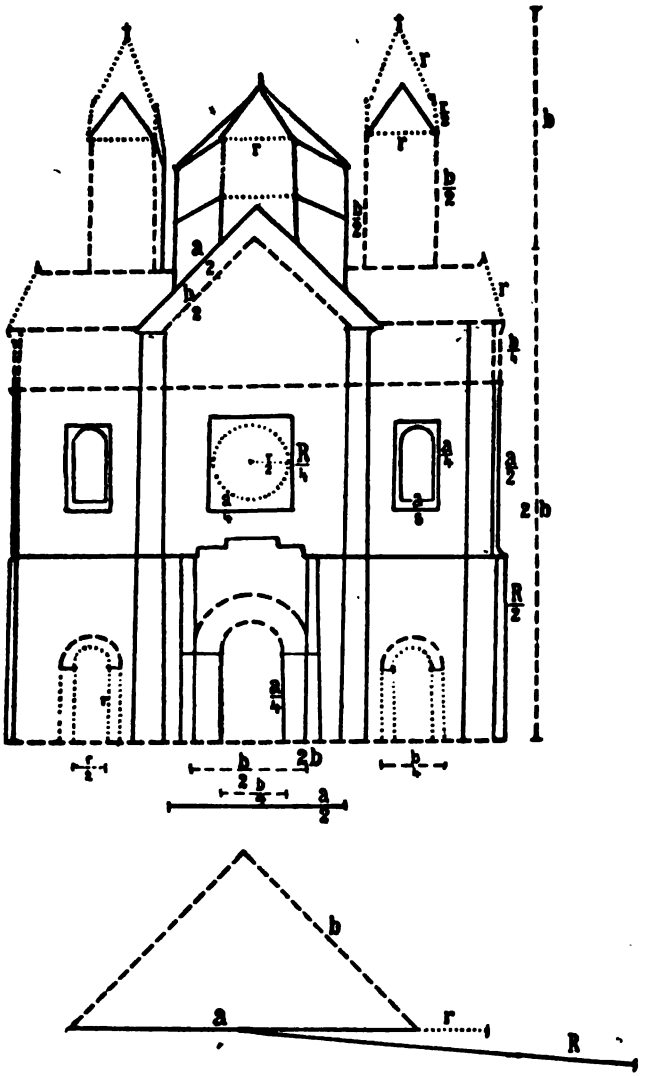
Abbild. 84. Ansicht des Domes zu Speyer. Nach Kuhn.

dem Radfenster der Kirche zu Trebitsch (Abbild. 82) beginnt der Fensterrahmen in der Entfernung b vom Mittelpunkte. Die Speichen sind an einen Kreis mit dem Durchmesser $2r$ angesetzt.

Die meisten romanischen Bauten hat Deutschland aufzuweisen, wenngleich auch andere Länder, wie Italien, Frankreich, England, es zu bedeutenden Leistungen in ihrer Art brachten. Die Dome zu Speyer, Mainz und Worms gehören zu den schönsten Baudenkmälern

des romanischen Stiles in Deutschland und überragen durch ihre gewaltigen Größenverhältnisse alle anderen.

Der Dom zu Speyer (Abbild. 83, 84) (der großartigste unter den dreien) wurde 1030 von Konrad II. gegründet und nach einem Brande



Abbild. 84.

Ansicht des Domes zu Speyer. Nach dem harm. Dreieck.

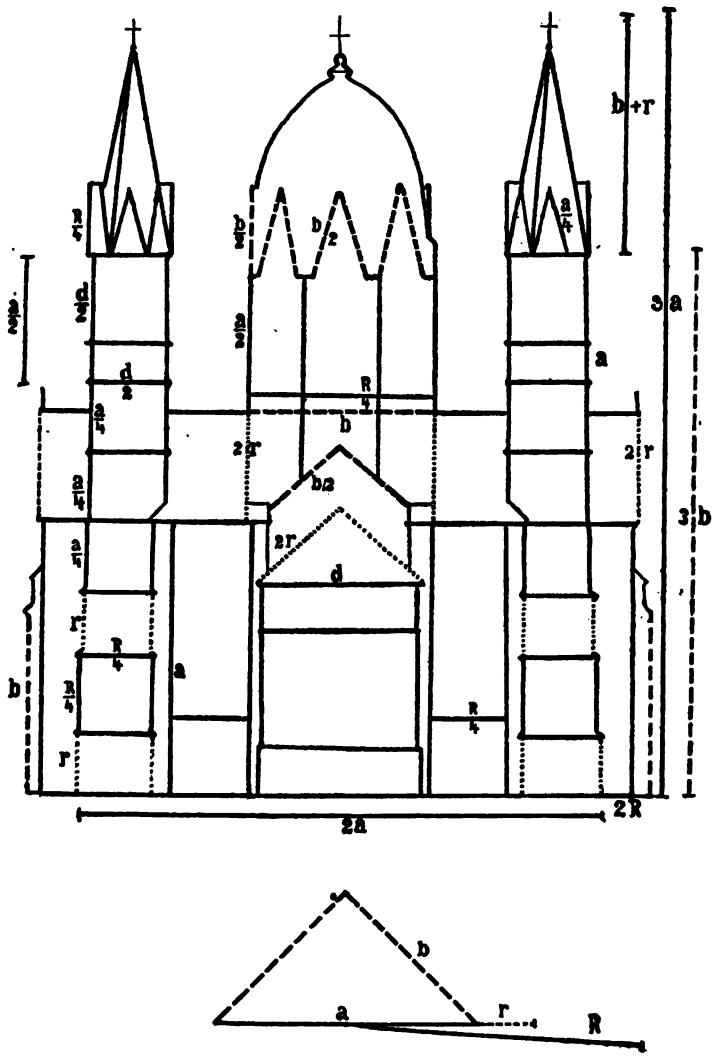
1159 eingewölbt, im Jahre 1689 von den Franzosen verwüstet. Erst in der Mitte des vorigen Jahrhunderts erhielt er wieder eine stilistisch mustergiltige Wiederherstellung. Das Querhaus[1]) ist $2\,a$ lang und $4\,r$ breit,

Abbild. 85. Ansicht des Domes zu Mainz.

die Vorhalle $2\,b$ breit. Auf das Mittelschiff kommen sechs nahezu quadratische Gewölbefelder $\left(\frac{a}{2}\text{ breit}\right)$, an deren Ecken vier Pfeiler

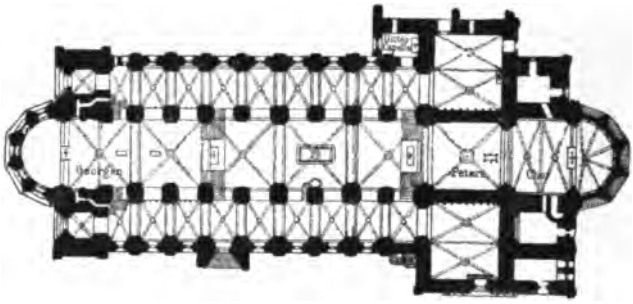
[1]) Als Einheitsmaß oder Modulus für die Planlinien der Anlage der romanischen Kirchen wurde in der Regel die Seite des Quadrates genommen, welches sich im Durchschnitt des Querhauses und Langhauses bildet. Diese ist die halbe Hypothenuse des harmonischen Dreieckes, $\frac{a}{2}$.

stehen. Da die Seitenschiffe halb so breit sind wie das Mittelschiff, entfallen auf ein Gewölbe im Mittelschiff zwei Gewölbe in den Seitenschiffen, die jedes an den Ecken durch Pfeiler gestützt werden müssen. Die Fassade (Abbild. 84) bietet einen sehr schönen Anblick und ist reich an harmonischen Maßen. Die Breite ist 2 *b*, entsprechend dem Grundrisse ergibt sich eine Höhe, die Türme im Hintergrunde eingerechnet, von 3 *b*.

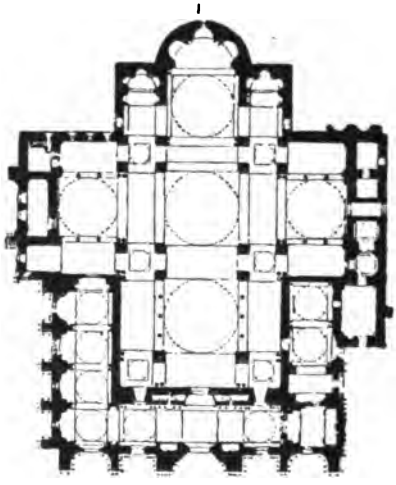


Abbild. 85.
Ansicht des Domes zu Mainz. Nach dem harm. Dreieck.

Der Dom zu Mainz (Abbild. 85) stammt aus dem 11. Jahrhunderte und wurde im Laufe der Jahrhunderte wiederholt verwüstet. Die Ostseite der Fassade weist eine Reihe von harmonischen Maßen



Abbild. 86. Grundriß des Domes zu Bamberg.

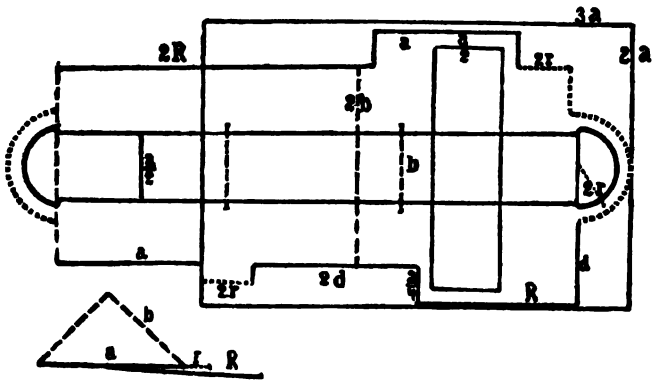


Abbild. 87. Grundriß der Markuskirche in Venedig.
Nach Kuhn.

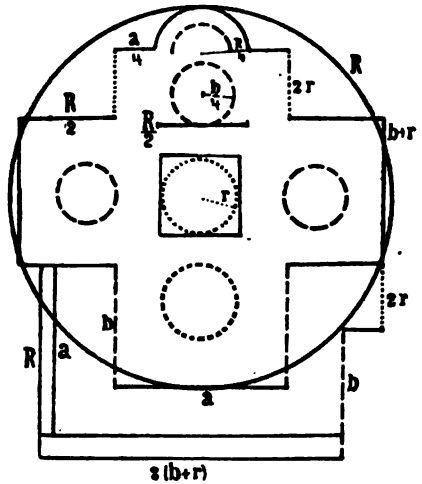
auf. Die Türme bilden mit der Kuppel über dem Eingange und der Fassade ein harmonisches Ganzes.

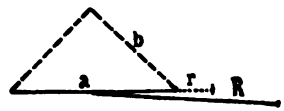
Der Dom zu Bamberg (Abbild. 86) gehört in die spätromanische Bauzeit. Er wurde 1004 von Heinrich II. gegründet und brannte 1081 nieder. Seine heutige Gestalt erhielt er im 13. Jahrhunderte. Der Dom hat eine doppelchörige Anlage, das Georgen- und Peterchor; läßt man das im Osten angefügte Georgenchor weg, so wird der

(ursprüngliche) Grundriß von einem Rechteck (2 : 3) eingeschlossen. Der Haupteingang ist an der Seite des Langschiffes angebracht. Die Breite des Langschiffes ist $2\,b$, das Einheitsmaß ist wieder $\frac{a}{2}$.



Abbild. 86. Grundriß des Domes zu Bamberg. Nach dem harm. Dreieck.

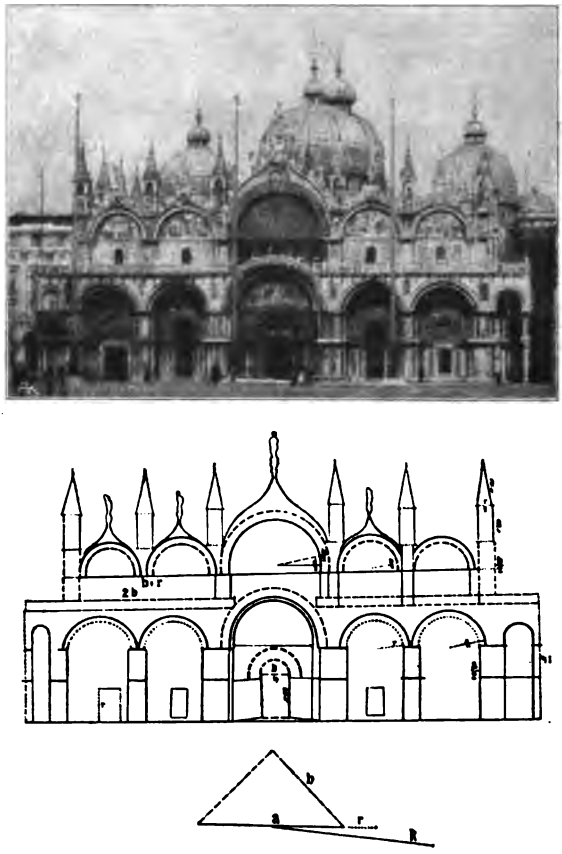




Abbild. 87. Grundriß der Markuskirche in Venedig
Nach dem harm. Dreieck.

Die Kirche S. Marco in Venedig (Abbild. 87, 88) gleicht keiner andern Kirche der Welt. Die Eigenart des Baues besteht

darin, daß er Formen der altchristlichen, byzantinischen, romanischen und arabisch-orientalischen Baukunst in sich vereinigt, die allerdings in ihrer Gesamtheit eine herrliche Wirkung erzielen. Im 9. Jahrhunderte wurde S. Marco in den Planlinien einer Basilika begonnen. Im Jahre 976 brannte sie nieder, wurde aber sofort wieder aufgebaut



Abbild. 88. Ansicht der Markuskirche in Venedig.
Nach einer käuflichen Photographie und nach dem harm. Dreieck.

und erweitert. Der Grundplan hat die Form eines griechischen (gleichschenkeligen) Kreuzes mit fünf Kuppeln. Um den vorderen Kreuzarm erstreckt sich eine Vorhalle. Die Fassade erhielt im Jahre 1420 das jetzige Aussehen. Das Innere ist reich an Mosaikarbeiten auf Goldgrund. Die Länge der Kreuzarme mit $2R$ angenommen, ergibt einen Durchmesser $2r$ der Zentralkuppel und der gegen die

Fassade gelegenen Kuppel, $\frac{b}{2}$ der drei übrigen Kuppeln. Besonders schöne harmonische Linien bietet die Fassade (Abbild. 88). Zur leichteren Darstellung wurde das Einheitsmaß verdoppelt, so daß die Länge der Fassade, die nach dem Grundplan $2(b + r)$ ist, $4(b + r)$ beträgt.

8. Der gotische Stil.

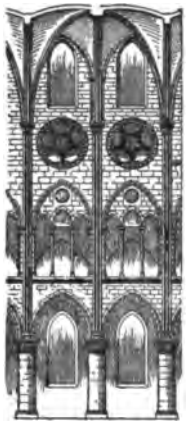
Keine andere Kunst neben der der Hellenen, sagt A. Kuhn, ist so originell, so ganz neu und eigenartig, so ganz und voll das Produkt der inneren Voraussetzungen wie die Gotik. Keine zweite kann in dieser Beziehung der hellenischen so ganz ebenbürtig gegenübertreten wie sie. Die zwei sind die originellsten, aus verschiedenen religiösen Begriffen und nationalen Vorbedingungen und Anlagen hervorgegangenen Kunstrichtungen. Die Gotik hat ihre Heimat in den Teilen Nordfrankreichs, deren Bevölkerung von germanischen und fränkischen Elementen und germanischem Geist tief durchdrungen ist, wie ja die Führung in der Gotik unbestritten die Germanen innegehabt haben. Die wichtigste Vorbedingung zum Aufblühen dieses Baustiles war zweifellos das Christentum, das den Völkern des Nordens anfangs als äußerliche Formel aufgeprägt war, allmählich aber immer tiefer Wurzel faßte und um das 12. Jahrhundert eine tiefinnerliche religiöse Begeisterung hervorrief, die auch in der Kunst in deutlichster Form zum Ausdruck kam. Ihr entsproß auch die Gotik, die daher in erster Linie im Dienste der Religion stand.

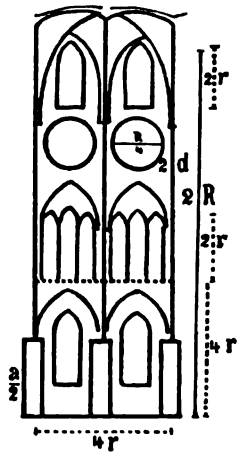
Die wesentlichen Merkmale der Gotik äußern sich in der Anwendung des Spitzbogens, in dem Vertikalismus, in Auflösung der Massen und inniger Verbindung der Konstruktion mit dem Ornament. Der Spitzbogen wird als konstruktive Grundform für die Raumabschlüsse wie Gewölbe, Fenster und Tore angewendet.

Er bedingt unmittelbar den Vertikalismus, das Streben in die Höhe. Während die griechische Baukunst die Last durch den horizontal auf den Trägern (Säulen) auflagernden Architrav klar erkennen läßt, strebt in der Gotik alles nach oben. Die Gotik vollzieht die Umwandlung des Breit- und Weitbaues in den Hochbau, die Horizontaltendenz wird durch die Vertikaltendenz abgelöst. Der romanische Baustil hat hier zwar schon den ersten Schritt begonnen, die Gotik hat ihn aber erst vollendet.

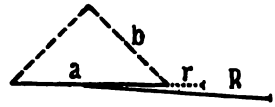
Wenn es zur Aufgabe der Baukunst gehört, die konstruktiven Teile gegenüber den Füllungen besonders hervorzuheben, so tut dies die Gotik in weitestem Maße. Die Mauern zwischen den tragenden Stützen sind nur in kleinen Resten vorhanden, indem riesige Tore und

Fenster sie durchbrechen, die besonders charakteristisch sind und die Aufmerksamkeit des Beschauers erregen, da sie nicht nur durch reichen Glasschmuck, sondern auch Ornamentalschmuck ausgestattet sind. Die Gotik löst die Massen derart auf, daß nur die konstruktiv notwendigen Teile übrig bleiben. Nicht als herbe Skelette, sondern in Verbindung mit reichem architektonischen Schmuck, der in inniger, organisch unzertrennbarer Verbindung mit der Konstruktion steht. Der griechische und romanische Stil lassen zwar auch die konstruktiven Teile klar erkennen, doch behielten sie die großen zusammen-





Abbild. 89.



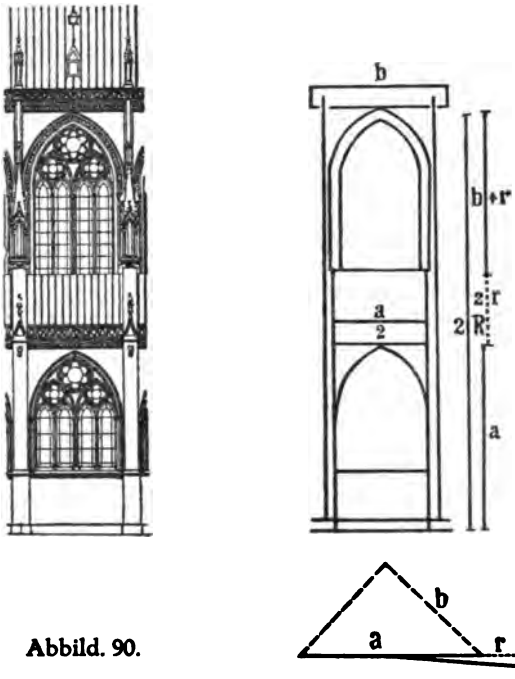
System von Notre Dame in Paris. Nach Dehio und Bezold und nach dem harm. Dreieck.

hängenden Baumassen bei. So üben die Gotikbauten als höchste konstruktive Leistung eine entschiedene malerische Wirkung aus, bedingt durch die vielen aufragenden Türmchen und Spitzen, die zahlreichen vielfach gebrochenen, geschwungenen, sich kreuzenden und schneidenden Linien, durch die herrliche Perspektive der Innenräume.

Die Gotik hat in den einzelnen Ländern besonders charakteristische Formen, so daß man von französischer, deutscher und italienischer Gotik spricht.

Abbildungen 89, 90 und 115. In der griechischen Baukunst lenkt die Säule in hervorragender Weise das Auge des Beschauers auf sich,

in der gotischen und teilweise auch in der romanischen Baukunst wird die Aufmerksamkeit von den Säulenbündeln auf die zwischen ihnen eingefügten Bauglieder, vor allem auf die Fenster abgelenkt. Ihr Glasschmuck war dazu angetan, sie noch zu erhöhen. Nimmt man die Höhe bis zum Spitzbogen der Bausysteme ähnlich wie in romanischer Baukunst mit $2R$ an, so erhält man die Maßverhältnisse der einzelnen



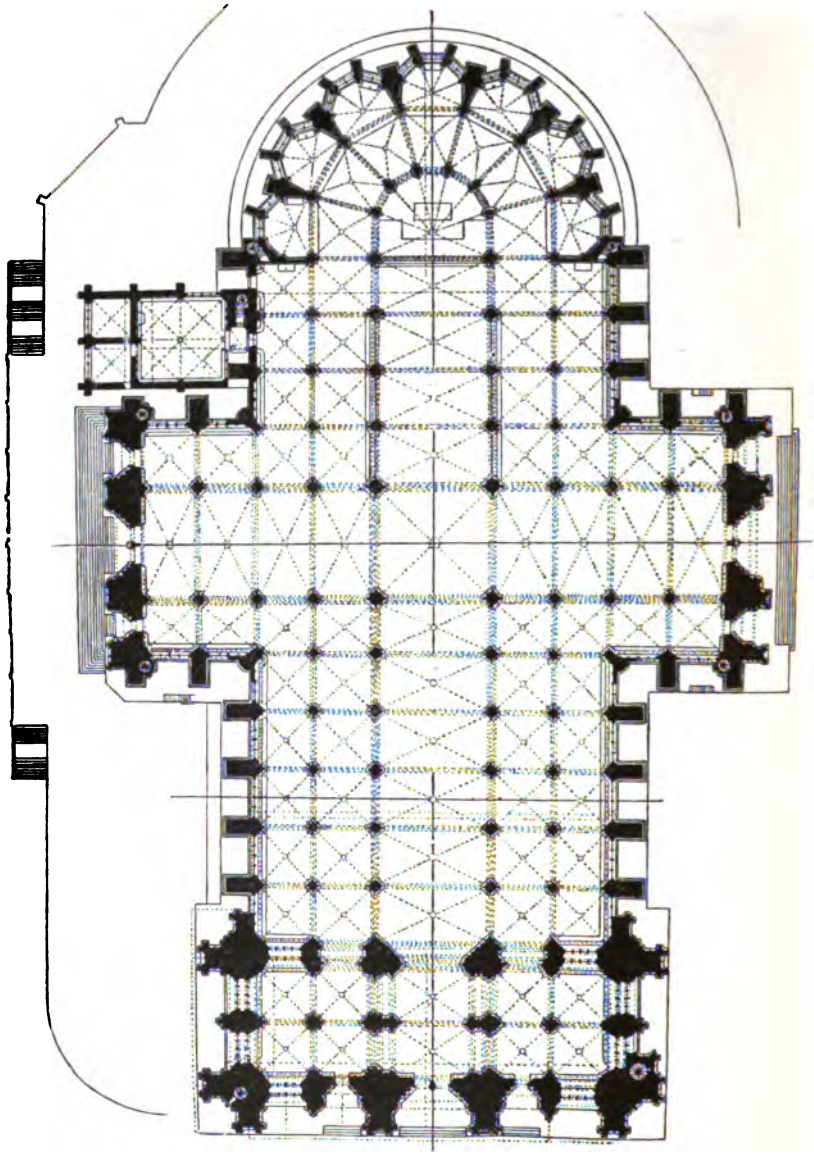
Abbild. 90.

System des Münsters in Straßburg. Nach Dehio und Bezold und dem harm. Dreieck.

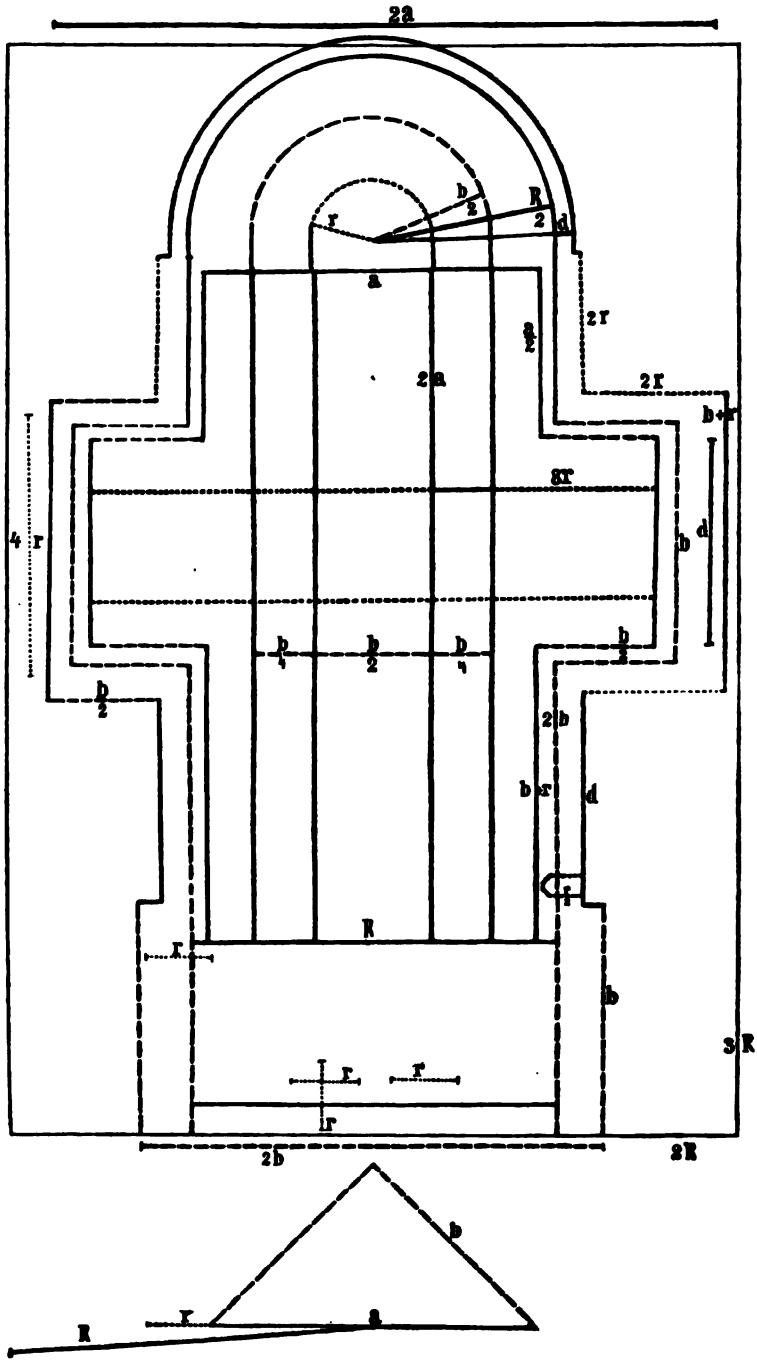
Glieder innerhalb der Säulenbündel. Die Breite ist meist $\frac{a}{2}$, $\frac{b}{2}$, $2r$, also verhältnismäßig schmaler als im romanischen Baustil.

Die Verhältnisse der Höhen und Breiten im romanischen System sind:

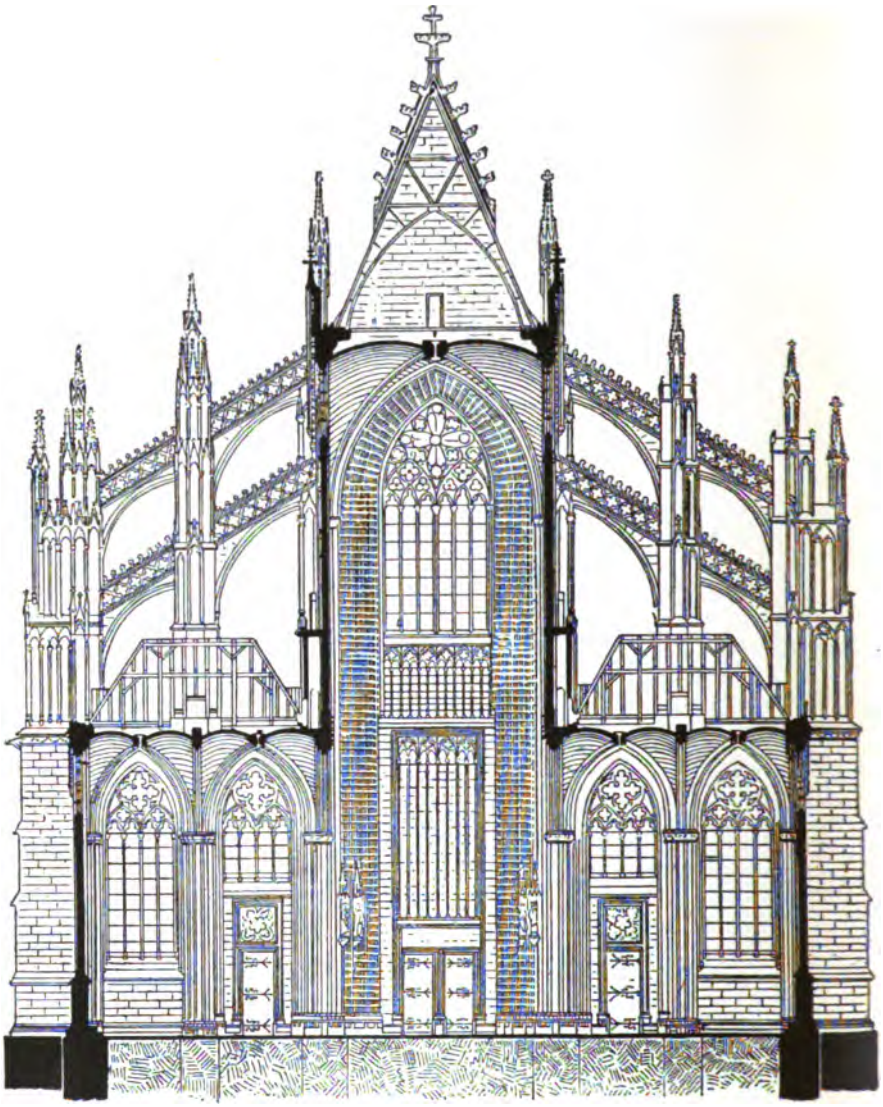
$2R : 4r$	oder $\sqrt{5} : 2\ (\sqrt{2}-1)$
$\ll : b+r$	$\ll : 2\ \sqrt{2}-1$
$\ll : d$	$\ll : \frac{\sqrt{5}-1}{2}$



Abbild. 91. Grundriß des Domes zu Köln. Nach Schmitz-Ennen.



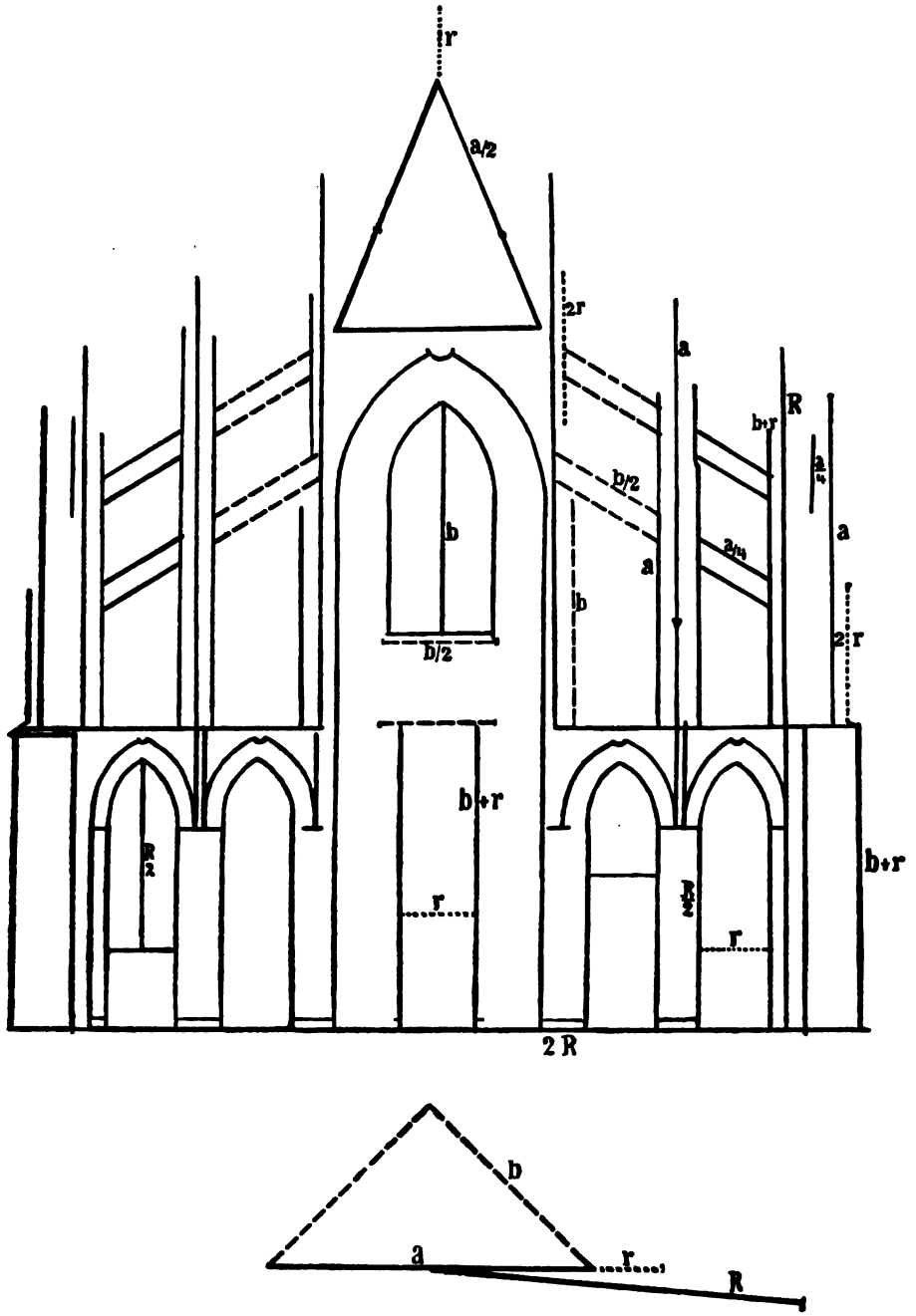
Abbild. 91. Grundriß des Domes zu Köln.
Nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 92. Querschnitt des Domes zu Köln. Nach Schmitz.

im gotischen:

$2R : \frac{a}{2}$	oder $\sqrt{5} : \frac{1}{2}$
« $: \frac{b}{2}$	« $: \frac{\sqrt{2}}{2}$
« $: 2r$	« $: \sqrt{2} - 1$



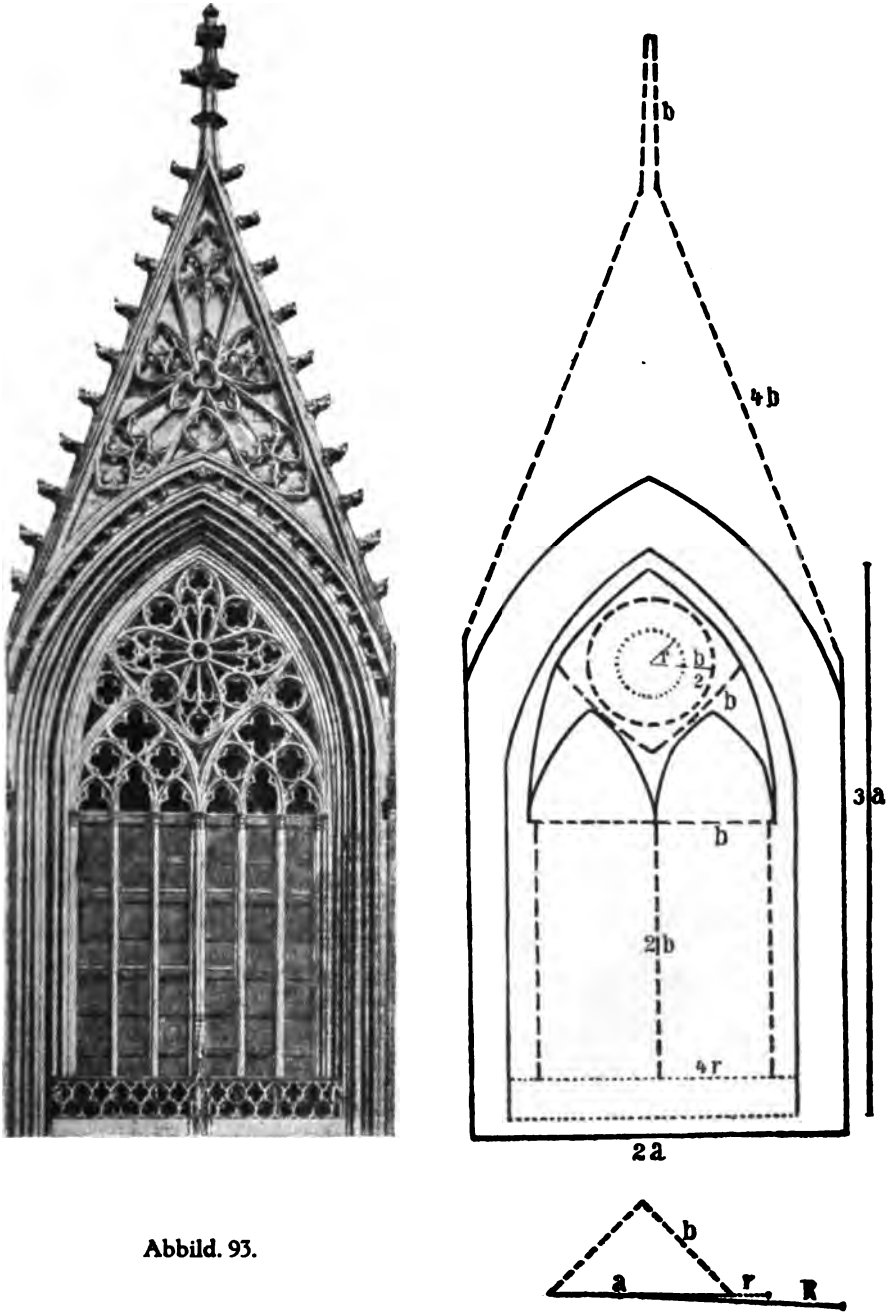
Abbild. 92. Querschnitt des Domes zu Köln. Nach dem harm. Dreieck.

Hiedurch kommt auch die gesteigerte Höhentendenz des Gotischen gegenüber dem Romanischen deutlich zum Ausdruck. Das romanische Kreuzgewölbe bedurfte zur Sicherung gegen das Streben der Massen, zur Seite auszuweichen, sehr schwerer Pfeiler und Wandmassen. Die Gotik hat die Wandflächen aufgelöst und dazwischen tragende und stufende Bauglieder eingefügt, als welche im vorzüglichsten die Strebepfeiler gelten. Gegen den Druck und Seitenschub, der in den vier Ecken beim Kreuzgewölbe sich vereinigt, ragen Strebepfeiler auf, die auf den Arkadenpfeilern des Mittelschiffes ruhen. Die Seitenschiffe haben ebenfalls aus demselben Grunde Strebepfeiler. Da aber die Strebepfeiler im Mittelschiff und im Seitenschiff nicht entsprechend massig gebaut werden, um dem Seitenschub voll zu begegnen, so wird der Seitenschub auf die äußere Umfassungsmauer,[1]) übertragen, wo man die Strebepfeiler in beliebiger Größe und Tragfähigkeit ausführen kann. Dorthin wird er durch die Strebebogen in sinnreichster Weise geleitet (Abbild. 92). Die Strebogen sind häufig gedoppelt wie beim Kölner Dom, wodurch die Verspannung zwischen den Streben fester und sicherer wird.

Diese Konstruktionsweise gehört zweifelsohne zu den merkwürdigsten und kühnsten architektonischen Leistungen. Die Streben enden oben in Giebeln, Spitzsäulen und Fialen, die außer der dekorativen und ästhetischen Bedeutung noch die Aufgabe haben, durch ihre Last den oberen Teilen der Streben eine größerere Widerstandskraft zu geben. Die Strebepfeiler, die darauf lastenden Spitzsäulen oder die Fialen, die Strebebogen sind untereinander harmonisch.

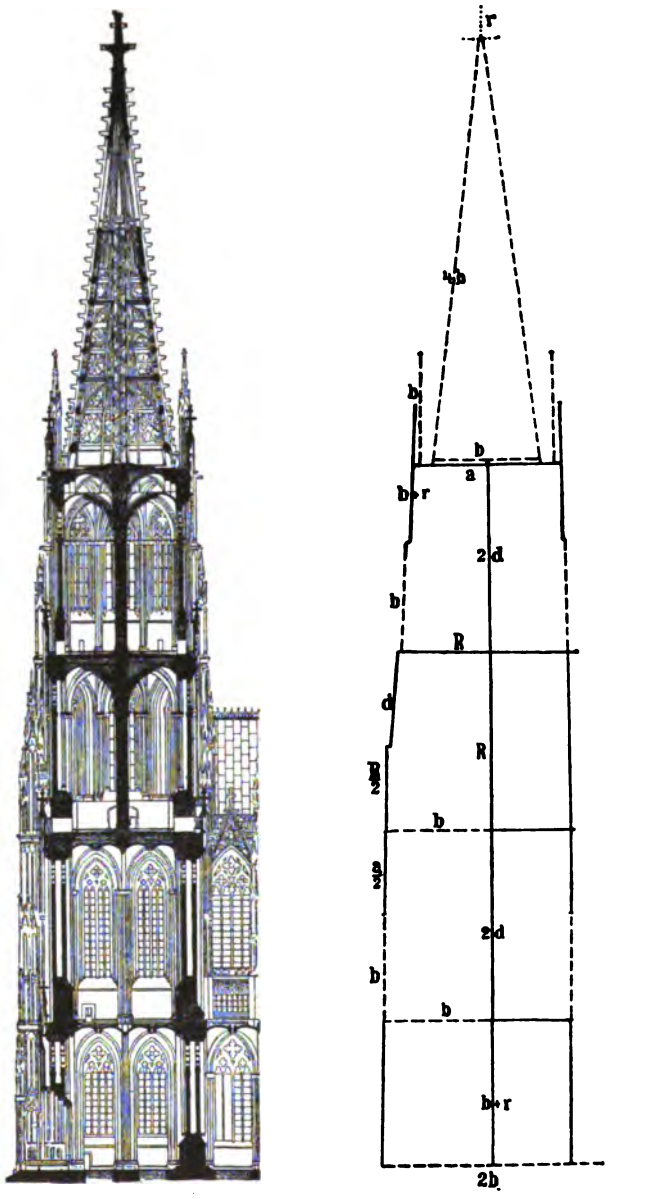
Der Kölner Dom (Abbild. 91 und 92). Der Bau des Domes wurde im 13. Jahrhundert (1248) begonnen und im 19. Jahrhundert vollendet. Gerhard de Rille scheint die Pläne hiezu entworfen zu haben. Der Grundriß lehnt sich an den der Kathedrale von Amiens an, die eben gebaut wurde. Im Jahre 1560 trat ein vollständiger Stillstand im Bau ein, erst anfangs des 19. Jahrhunderts wurde der Weiterbau wieder aufgenommen und im Jahre 1880 war der herrlichste gotische Dom vollendet. Der Grundriß hat die Form eines lateinischen Kreuzes. Mit Einschluß der Stiegen des Querhauses paßt der Grundriß in ein Rechteck von $2\,R : 3\,R$. Die Breite des Querhauses ist $2\,a$. Die Breite des Mittelschiffes ist $\frac{b}{2}$, die der vier Seitenschiffe je $\frac{b}{4}$. Die Länge des Innenraumes ist $2\,a$, seine Breite a, die Länge des Inneren des

[1]) Im Grundriß ragen die Strebepfeiler als Rechtecke an der Umfassungsmauer hervor.

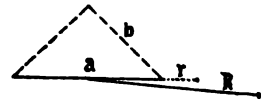


Abbild. 93.

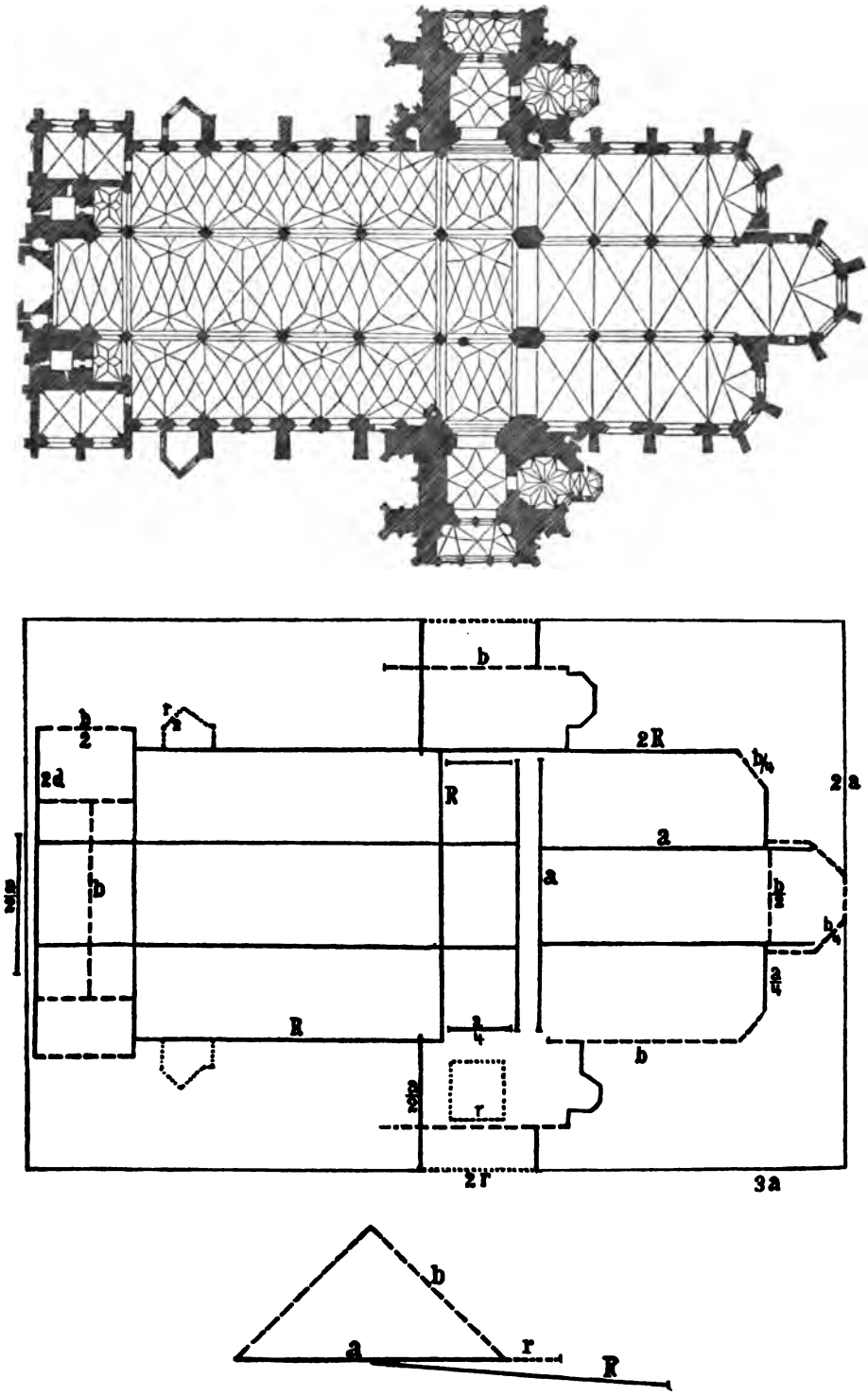
Mittelfenster der Fassade des Domes in Köln. Nach einer Photographie und nach dem harm. Dreieck.



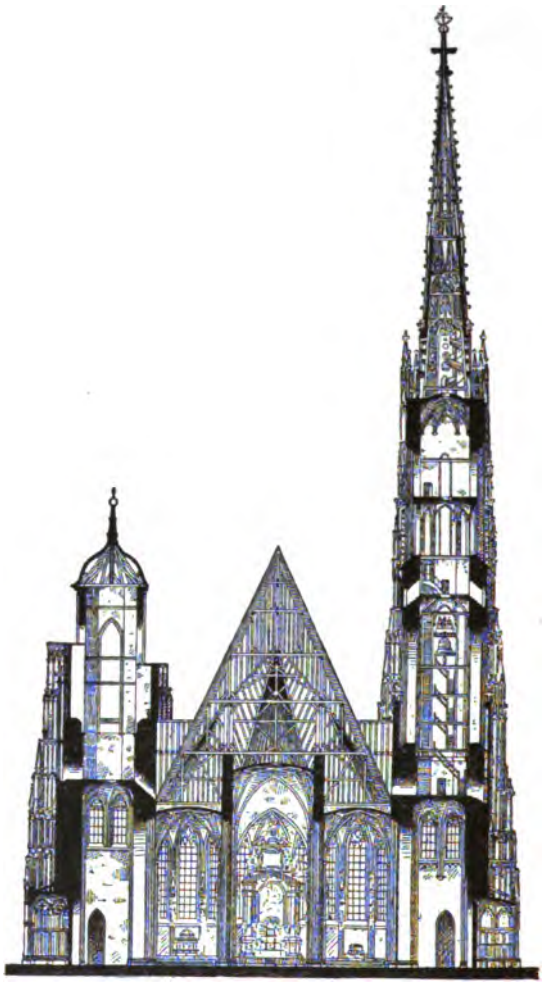
Abbild. 94.



Durchschnitt durch den südlichen Turm des Kölner Domes. Nach Schmitz-Ennen und nach dem harm. Dreieck.



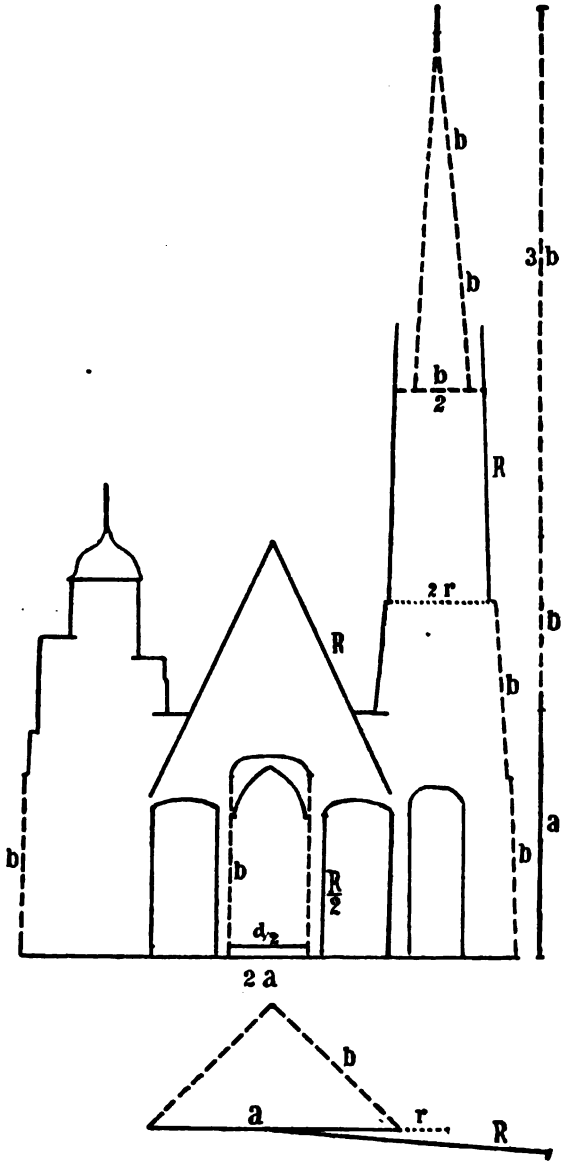
Abbild. 95. Grundriß der St. Stephanskirche in Wien. Nach Warnecke und nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 96. Schnitt durch den Turm und das Schiff des Stephansdomes in Wien. Nach Originalzeichnung.

Querhauses ist 8 *r*, seine Breite *d*. Die Höhen des Innern, die Maße der Fenster, der Strebepfeiler der Filialen (Abbild. 92) sind durchwegs harmonisch. Das Mittelfenster der Fassade (Abbild. 93) mit dem Giebel ist 6 *a* hoch, 2 *a* breit. Es wird eingeschlossen von zwei übereinandergestellten Rechtecken 2 : 3. Die Details, Maßwerk, die Unterabteilung der Fenster, die Pfeiler zeigen alle harmonische Maße.

Abbild. 94. Durchschnitt des südlichen Turmes des Kölner Doms. Zur genaueren Ermittlung der harmonischen Maße wurde



Abbild. 96. Schnitt durch den Turm und das Schiff des Stephansdomes in Wien. Nach dem harm. Dreieck.

eine Seite des Quadratgrundrisses mit b statt $\frac{b}{2}$, entsprechend dem Grundriß (Abbild. 91), angenommen, die horizontalen Gliederungen treten immer in harmonischer Entfernung von $b+r$, $2d$, R auf. Das Schmäler-

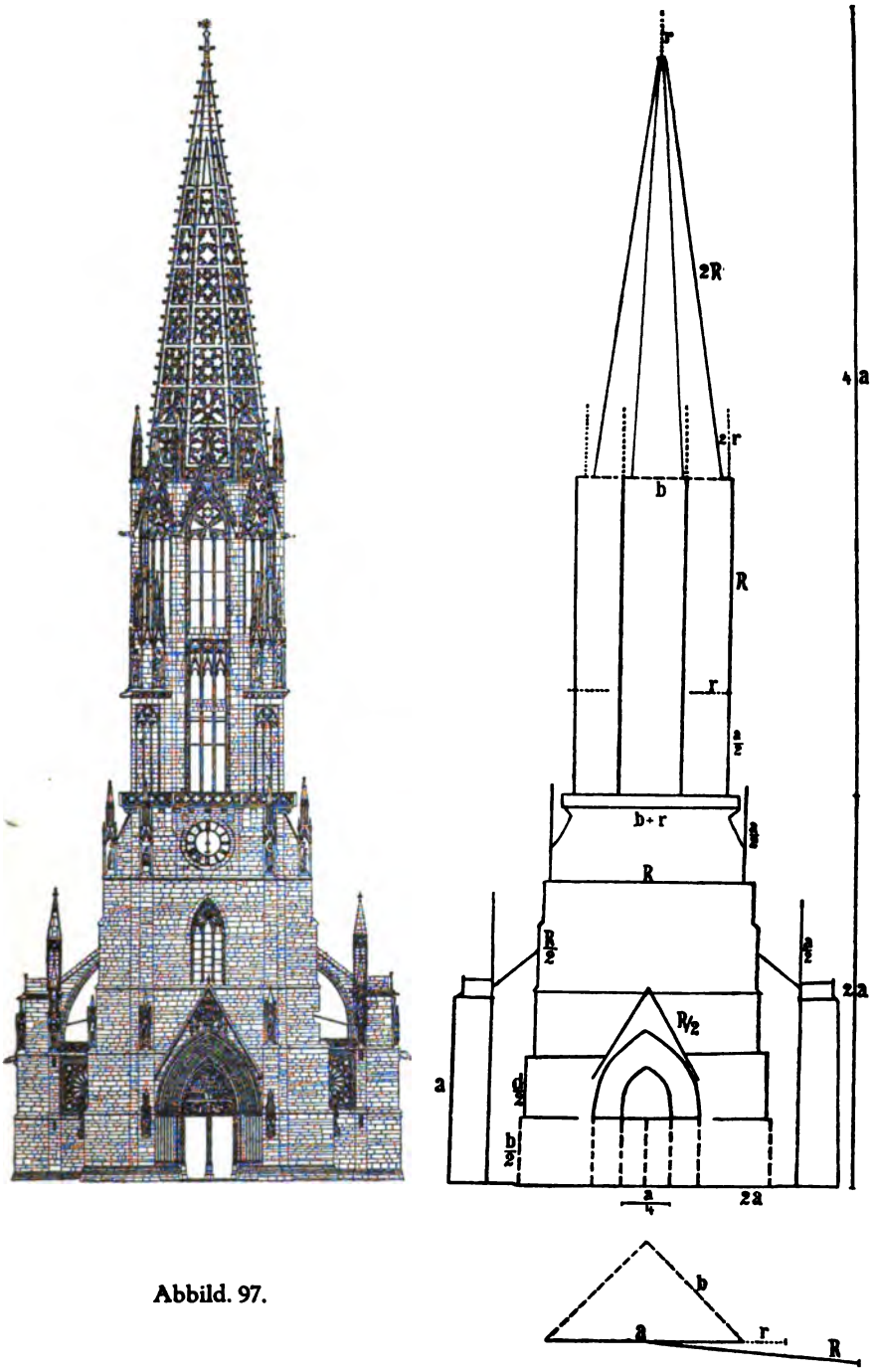
werden ist in den horizontalen Linien durch 2 *b*, *R*, *a* gekennzeichnet. Die Kantenlinie der Pyramide hat bis zur Spitze eine Höhe von 3 *a*. Es sind jedenfalls so einfache harmonische Linien, wie man sie am Parthenon bewundern kann.

Man vergleiche hiezu auch den harmonischen Aufbau des Stephansturmes in Wien (Abbild. 95 und 96).

Die St. Stephanskirche war ursprünglich eine kleine romanische Kirche und wurde 1193 durch Brand zerstört. An den dreischiffigen Chor wurde das Langhaus im 14. Jahrhundert angeschlossen. Das Mittelschiff ist etwas höher als die Seitenschiffe, aber alle drei unter einem Dache. Die beiden Haupttürme, von denen nur einer ausgebaut ist, sind dem Langhause seitlich angelegt, wodurch sie die Kreuzform betonen und mit ihren hallenartigen Untergeschossen das Querhaus ersetzen. Der Grundriß (Abbild. 95) wird von einem Rechteck 2 : 3 umschlossen. Die Chorbreite ist *a*, ebenso die des Langhauses; die Breite des Mittelschiffes ist $\frac{b}{2}$ usw. Der Schnitt durch den Turm gibt die Höhe des Mittelschiffes mit *b*, die der Seitenschiffe mit $\frac{R}{2}$ an. Der Turm ragt über das Dach 3 *b* hinaus, der Dachfirst hebt sich bis zu einer Höhe von $a + b$, so daß in den großen Linien volle Harmonie herrscht. Auch die Details zeigen harmonische Maße, von denen die des Turmes von Interesse sind, dessen Höhenlinie aus *b* und *R* zusammengesetzt ist.

Abbild. 97. Das Münster zu Freiburg wurde Anfang des 13. Jahrhunderts begonnen, das Querhaus gehört der spätromanischen Stilperiode an. In den drei weiteren Bauperioden wurde das gotische Langhaus ausgebaut. Die Perle des Ganzen ist der herrliche Turm, der aus drei Teilen, dem quadratischen Unterbau, dem achtseitigen Glockenhaus und der Pyramide besteht. Der Unterbau ist massig, durch horizontale Gurte in mehrere Schichten abgestuft, die Vorhalle mit reichen plastischen Schmuck, das Glockenhaus hat zwischen den acht Pfeilern riesig hohe Fenster, zwischen deren Wimpergen die Pyramide aus geschmackvollstem Netzwerk sich erhebt. Der Aufbau des Turmes ist harmonisch. Die Kantenlinie der Pyramide ist 2 *R* lang, die Höhe des Turmes ist 6 *a* bei einer Breite der Kirche von 2 *a*. Der Grundriß besteht aus zwei aneinandergereihten Rechtecken 2 : 3. Es fehlt ihm infolge der vier Bauperioden die Einheitlichkeit.

Abbild. 98. Die Fassade der Kathedrale von Notre-Dame in Paris. Die Fassade ist klar entworfen, die Verhältnisse der Linien sind äußerst einfach, 2 *a*, *a*, *R*, *b*. Notre-Dame wird, wie Kuhn (S. 540) sagt, immer zu den vorzüglichsten, edelsten Bauten zählen und den



Abbild. 97.

Hauptturm des Münsters in Freiburg. Nach Kempf und nach dem harmon. Dreieck.

Beweis liefern, daß günstige Proportionen, glückliche Raumanlage, große Linien und klare übersichtliche Gliederung die höchsten Geheimnisse der Architektur sind.

Es wurde wiederholt die Frage aufgeworfen, wie die Baumeister der Gotik ihre Bauten im großen und ganzen und in den zahllosen Einzelheiten harmonisch entwerfen konnten. Man glaubte, daß sich in

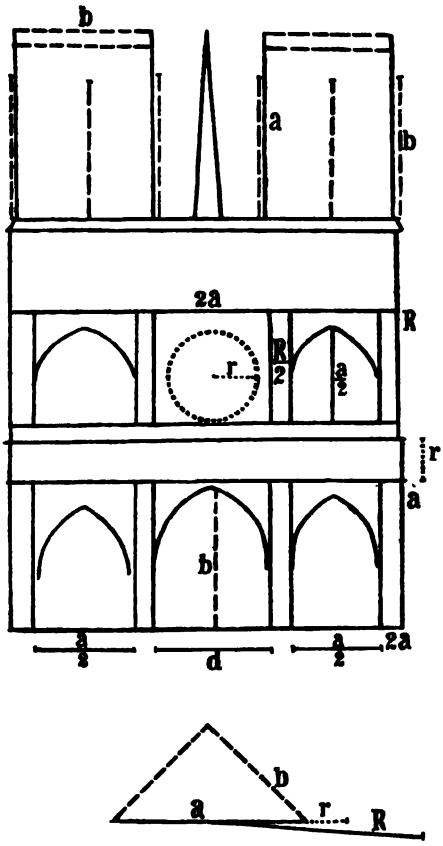
Abbild. 98.

Fassade der Kathedrale von Notre Dame in Paris.

Nach einer Photographie.

den Geheimlehren der Bauhütten die proportionalen Gesetze mündlich fortpflanzten. Sicheres ist bisher nicht bekannt geworden, auch haben Messungen an vorhandenen Baudenkmälern keine sicheren Ergebnisse gezeitigt. Man suchte die proportionalen Gesetze in Grundzahlen, Grundmaßen und Grundfiguren. Unter Grundzahl eines Baues verstand man eine Zahl, aus welcher durch Addition, Multiplikation, Division die Masse der Tore, Fenster, Pfeiler etc. abgeleitet wurde. Als Grundmaß nahm man die Breite eines Schiffes oder den Pfeilerabstand

von Achse zu Achse an; durch Multiplikation und Bruchteilung erhielt man die wichtigsten Linien. Als Grundfigur scheint in der Gotik das Dreieck, und zwar das harmonische, noch mehr aber das gleichseitige eine wichtige Rolle gespielt zu haben. Wie dem immer sei, ob den Baumeistern gar keine proportionalen Gesetze beim Entwerfen der Pläne zur Verfügung standen, oder ob sie nach bestimmten Normen arbeiteten, das eine ist sicher, daß sie prachtvolle harmonische



Abbild. 98.

Fassade der Kathedrale von Notre Dame in Paris.

Nach dem harmon. Dreieck.

Bauten ausführten, welche derselben Harmonie folgen wie die Gestirne in ihrer Anordnung, Pflanzen und Tiere in ihren Gestalten, wie die bedeutendsten Bauten des Altertums, die griechischen, zu denen

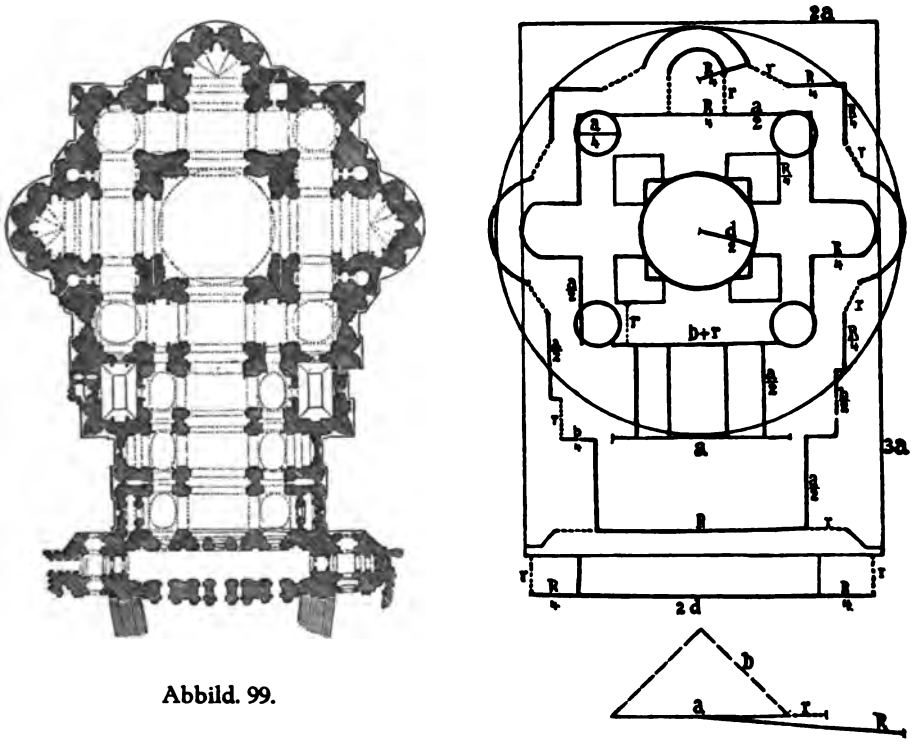
sie sonst im krassen Gegensatze stehen, nicht ausgeschlossen. Gerade diese beiden Stile, der griechische und der gotische, zeigen die Harmonie, das richtige Verhältnis am klarsten und deutlichsten, sowohl in der Größe, in den Linien und in der Konstruktion, als auch in den Details und im Schmuck.

9. Baustil der Renaissance.

Er begann im 14. Jahrhundert und vollends erst im 15. Jahrhundert als neue Periode in der Baukunst, die von Italien ausging und Renaissance, italienisch Rinascita, das ist Wiedergeburt genannt wird. Nicht, daß der römische oder griechische Stil nachgeahmt wurde, aber die Baudenkmale des alten Roms wirkten als Vorbilder befruchtend auf die neue Zeit. Die Künstler verbrachten Jahre mit dem Studium der Überreste, die damals noch zahlreicher waren als jetzt. Die Wiederaufnahme der früheren Stilformen in Verbindung mit den neuen Aufgaben und Idealen der Baukunst führte zu dem neuen Stil. Seit der Periode der griechischen Baukunst gab es keine so vielseitigen Künstler wie in der Renaissance. Michelangelo, Raffael z. B. waren Maler, Architekten, Plastiker, in allem Künstler ersten Ranges. Die Folgeerscheinung war die Einheit in der Kunst, die Bauten zeigten eine Zusammengehörigkeit des Ganzen wie des Einzelnen, die im gleichen Maße ihren Schöpfer verrieten. Im Gegensatz zur griechischen und gotischen Baukunst beruht die Renaissance nicht auf organischer und konstruktiver Einheit und gleichartiger Gesetzmäßigkeit. Das Grundgesetz ist die Proportion, der schöne Rhythmus oder die Harmonie in Maßen und Räumen. Sie nimmt Motive und Formen für Konstruktion und Dekoration allenthalben, wenn sie nur das Auge als schön empfand. Die Denkmale der Renaissance lassen sich in zwei Gruppen einteilen, in Kirchenbauten und Palastbauten oder profane Bauten, die in großer Zahl entstanden, da in dieser Kunstperiode Hoch und Nieder in gleichem Maße von dem neuen Kunstideal ergriffen wurden. In den religiösen Denkmälern sind viele Zentral- oder Langhausbauten, beide mit einer Kuppel, doch ist der Zentralbau das höchste Ideal. Diese Aufgabe löst sie auf den verschiedensten Konstruktionsverfahren. Sie schuf weite helle Räume, wie sie kein anderer Stil zuwege brachte.

Es ist daher der bedeutendste religiöse Bau, die Peterskirche in Rom, ursprünglich als Zentralbau begonnen worden. Bramantes Plan von der Peterskirche war als Zentralbau in Form eines griechischen Kreuzes mit einer Mittelkuppel auf vier Pfeilern und vier klei-

neren Kuppeln gedacht. Der Bau wurde 1506 nach Bramantes Plan begonnen, aber Raffael änderte nach dem Tode Bramantes den Grundriß in ein lateinisches Kreuz um. Michelangelo, der hoch bejahrt 1546 die Leitung des Baues übernahm, ging wieder auf den Plan Bramantes zurück. Später aber, 1605, wurde von Carlo Maderna das jetzige Langhaus angebaut.

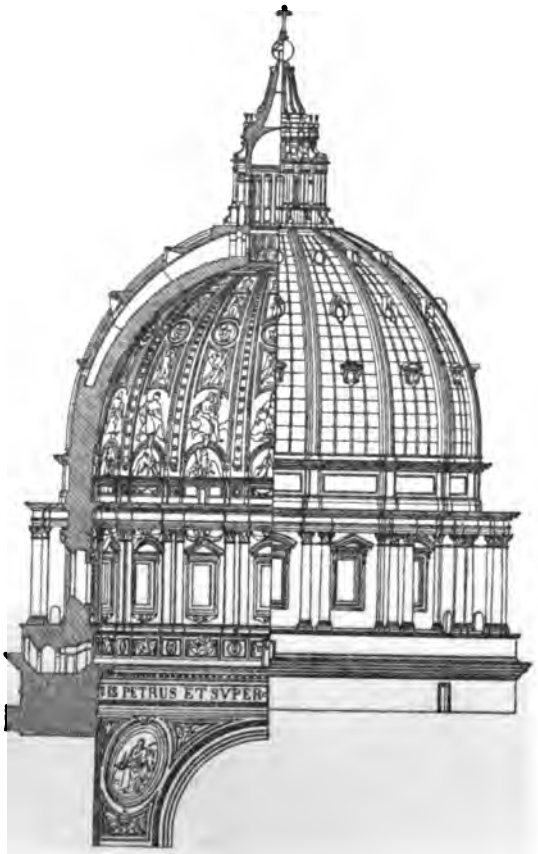


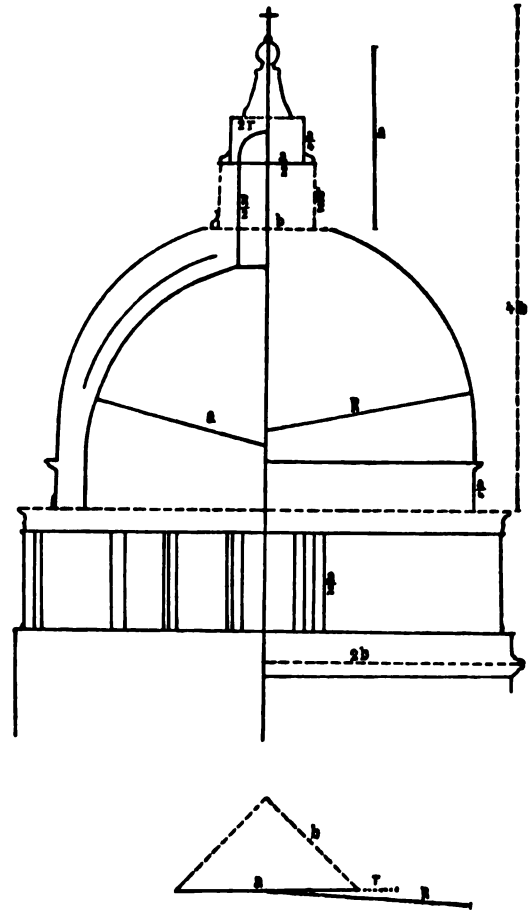
Abbild. 99.

Grundriß der Peterskirche in Rom. Nach Warnecke und nach dem harm. Dreieck.

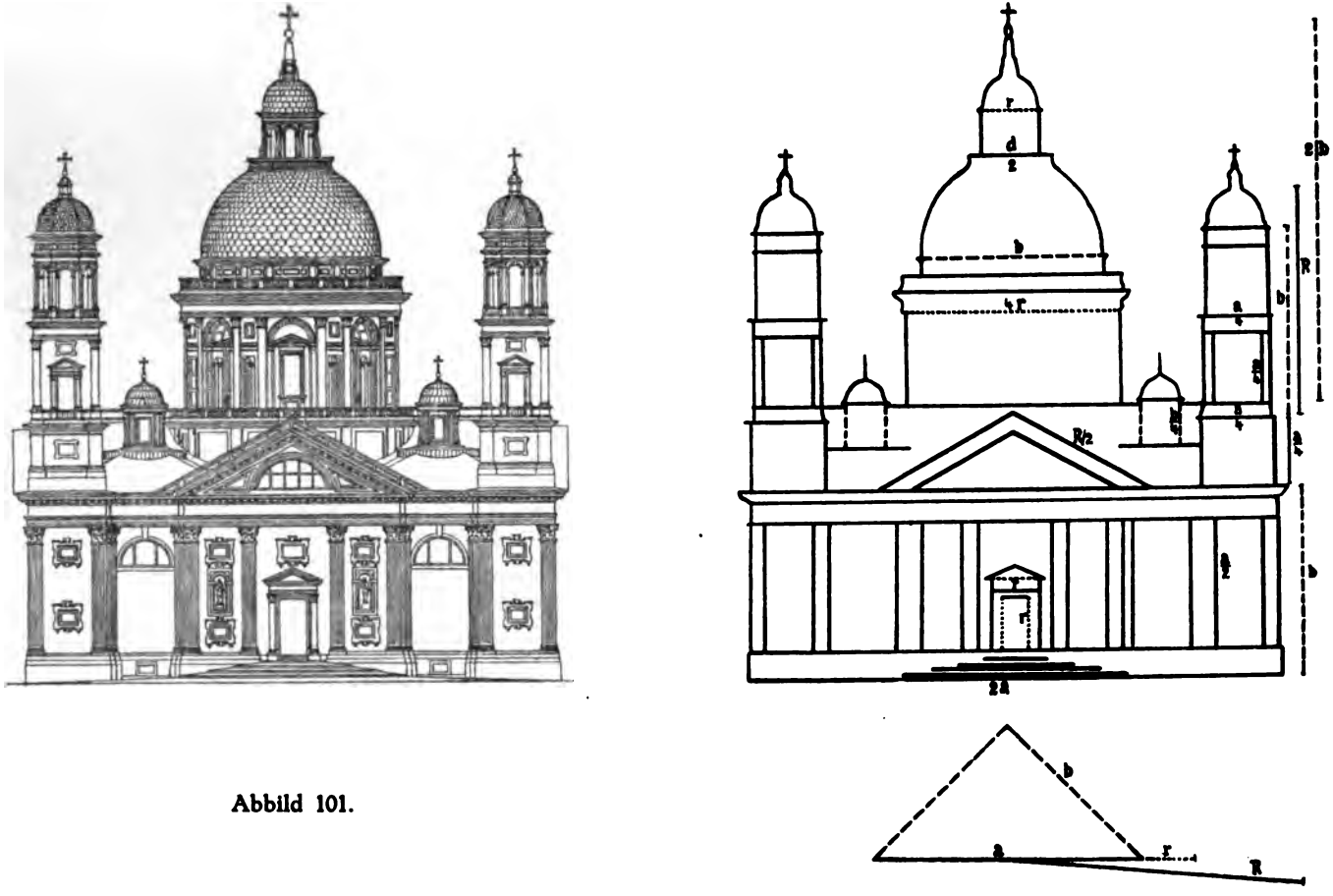
Die harmonische Anordnung der Teile ist eine vollendete.

Der jetzige Grundriß (Abbild. 99) zeigt ein lateinisches Kreuz mit einer Vorhalle. Die in der Mitte auf vier Pfeilern ruhende Kuppel ist ganz das Werk Michelangelos, nach seinem Tode erst vollendet. In den Ecken zwischen den Kreuzarmen sind untergeordnete Kuppeln. Die Seitenschiffe des Langhauses sind mit elliptischen Kuppeln gedeckt. Der ursprüngliche Zentralbau ist dem harmonischen Kreis angeschlossen. Das zu demselben harmonischen Dreieck gehörige Rechteck schließt das Langhaus ein, nur die Säulenhalle liegt außerhalb. Es





Abbild. 100. Kuppel der Peterskirche. Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

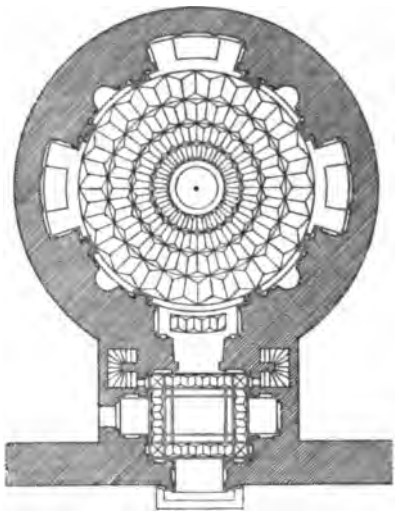


Abbild 101.

Ansicht der Kirche S. Maria di Carignano in Genua. Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

ist bemerkenswert, daß trotz der verschiedenen Künstler und mannigfachen Abänderungen und Zubauten eine volle Harmonie im großen und kleinen herrscht. Besonders schöne Maße weist die Kuppel als Einzelbildung betrachtet — sie ist ja auf Fernwirkung berechnet — auf, ihren Durchmesser als $2R$ angenommen (Abbild. 100). Im Grundplan ist der innere Durchmesser d, der äußere b.

Die Kuppelwölbung ist doppelt angelegt, wodurch eine höher steigende äußere Umrißlinie erzielt wurde. Die Säulen des Zylinders



Abbild. 102.

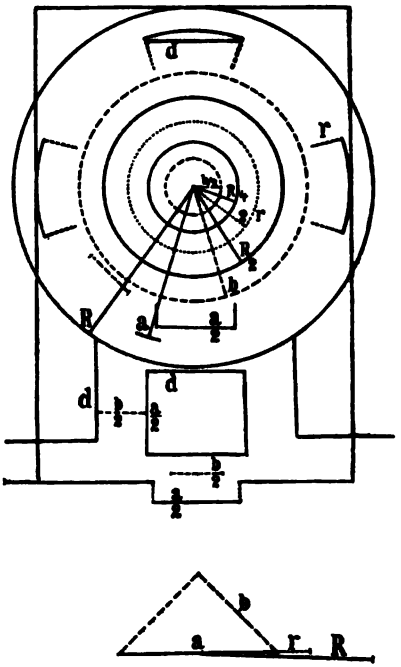
Unterer Grundriß der Capella Pellegrini in Verona.

Nach Bühlmann.

oder der Trommel stehen im harmonischen Verhältnisse, ebenso die reich gegliederte Laterne über der Kuppel.

Abbild. 101. Die Kirche Madonna di Carignano in Genua ist ein ausgesprochener Zentralbau, der im Jahre 1560 erbaut wurde. Es ist das bedeutendste Werk des Baumeisters Alessi. Die Pfeiler, welche die Mittelkuppel tragen, sind auf das Mindestmaß beschränkt. Die Kreuzarme sind mit den kleineren Kuppeln durch Bogenöffnungen verbunden, der Zylinder mit dem Kuppelgewölbe, die sogenannte Trommel, ist ähnlich wie in der Peterskirche durch eine Pilasterordnung gegliedert. Die Breite des Baues mit $2a$ angenommen, gibt eine Höhe der Kuppel von $2b$, einen Durchmesser von $4r$ usw.

Abbild. 102 und 103. Die Kapelle Pellegrini bei San Bernardino in Verona ist ein kleiner Kuppelbau mit einer Vorhalle, erbaut im Jahre 1557 von Sanmichele. Die Kuppel erhebt sich in zwei Geschossen auf einem kreisrunden Grundriß. Über der unteren Säulenordnung ist eine Galerie angebracht. Der Zylinder des Obergeschosses wird von vier großen, durch Säulen dreifach geteilten Fenstern durchbrochen. Der Grundriß wird ähnlich dem von St. Peter in Rom von einem Rechteck 2 : 3 und dem harmonischen Kreis umschlossen, deren



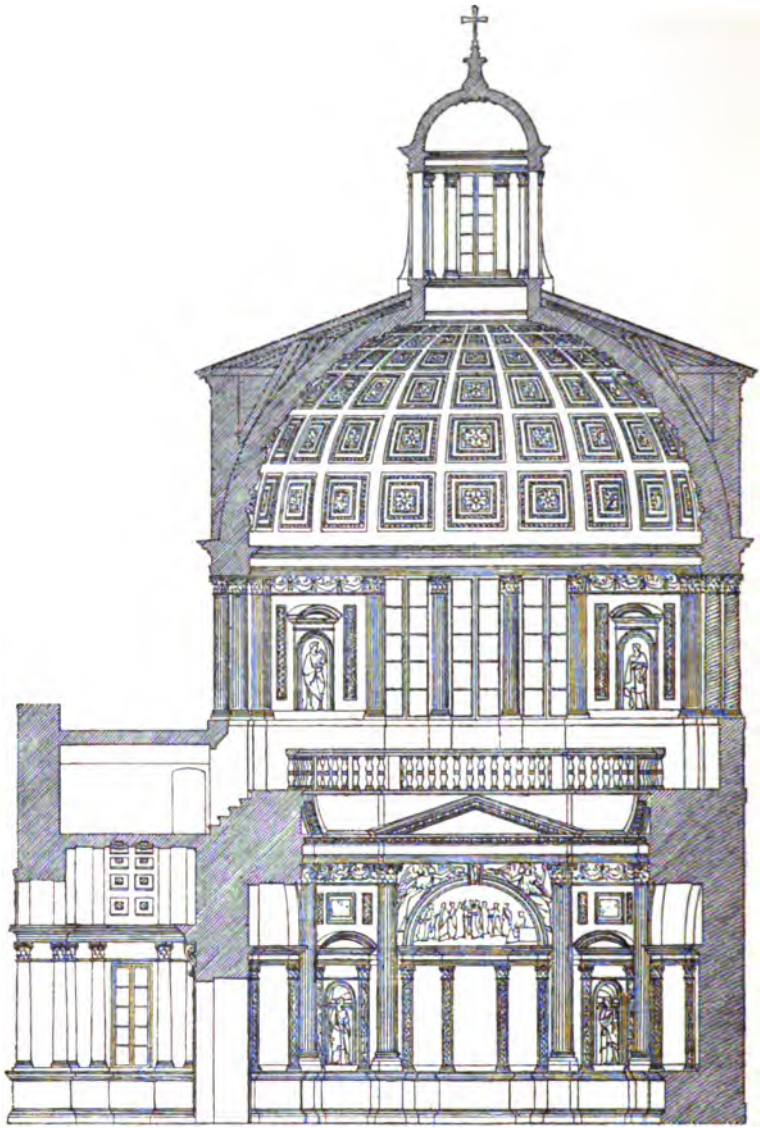
Abbild. 102.

Unterer Grundriß der Capella Pellegrini in Verona.

Nach dem harm. Dreieck.

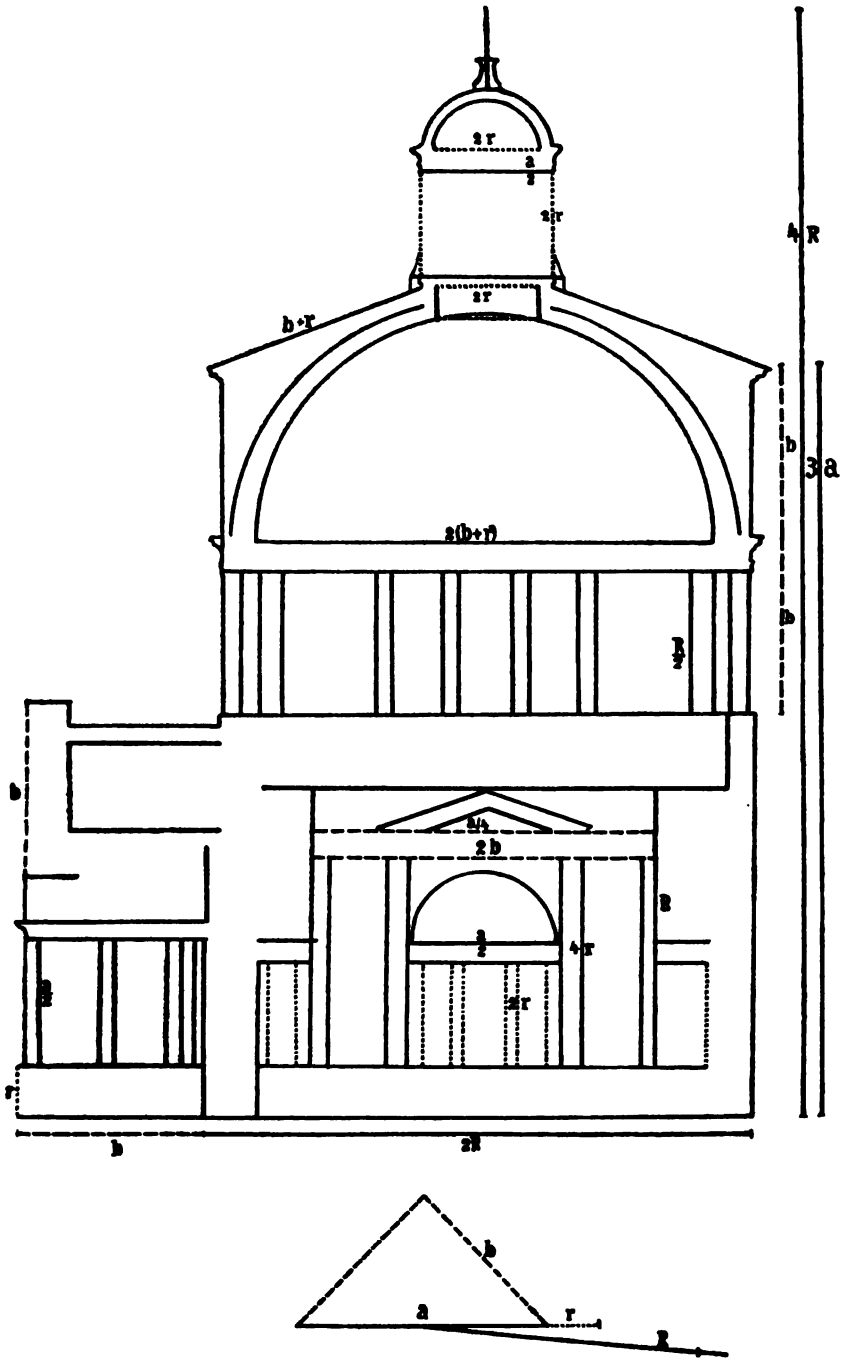
gemeinsames harmonisches Dreieck die weiteren harmonischen Maße kennzeichnet. Die Kuppel mit der Laterne ist 4 R, das Innere der Kuppel 3 a hoch und 2 $(b + r)$ breit usw.

In Deutschland, wo infolge der großen Bautätigkeit der Gotik kein großer Bedarf an Kirchen war, entstanden eine Menge von Profanbauten wie Rathäuser, Schlösser, Zunfthäuser, Zeughäuser, die den Stempel der Renaissance tragen. In Italien waren die Leistungen

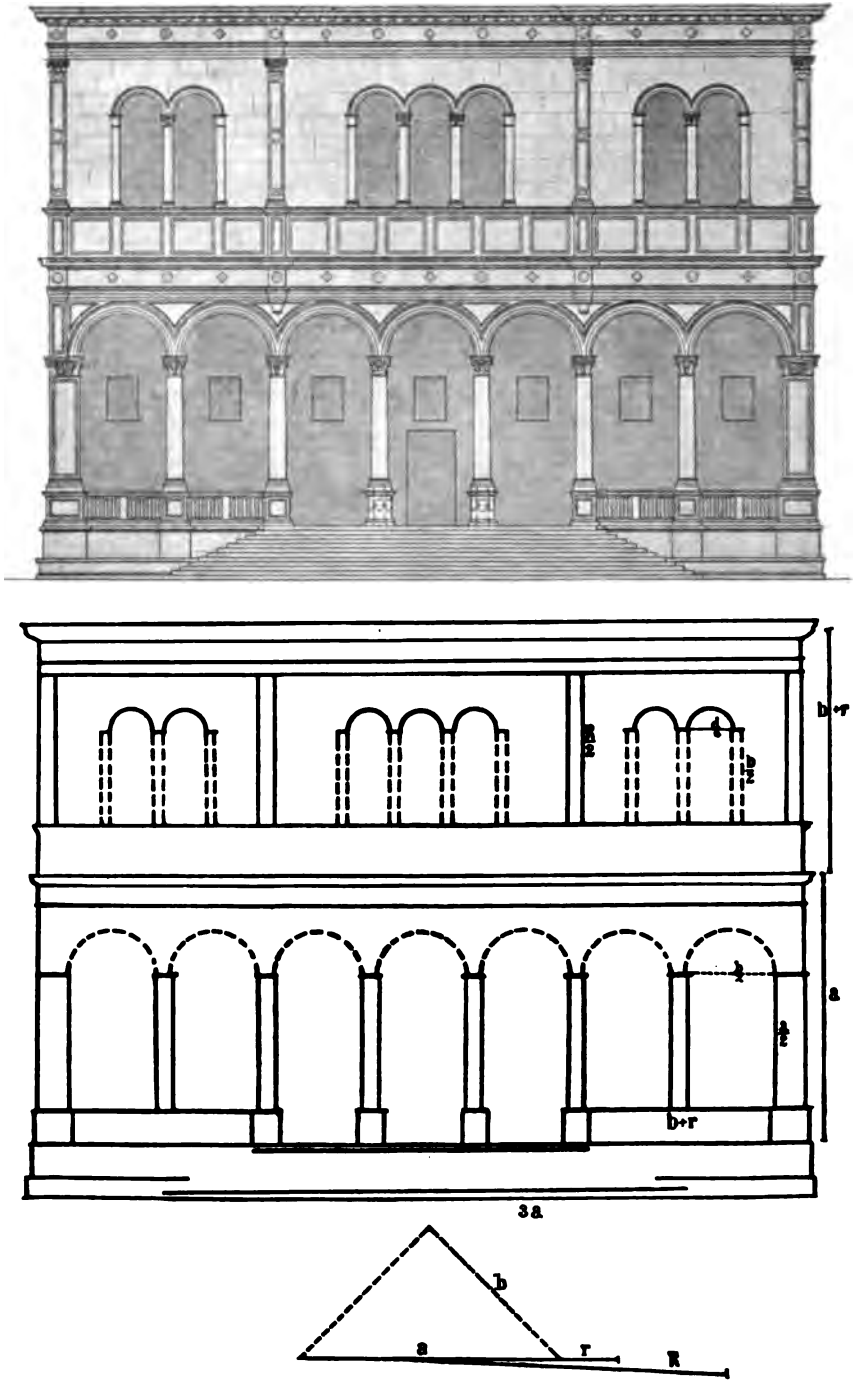


Abbild. 103. Durchschnitt der Capella Pellegrini in Verona. Nach Bühlmann.

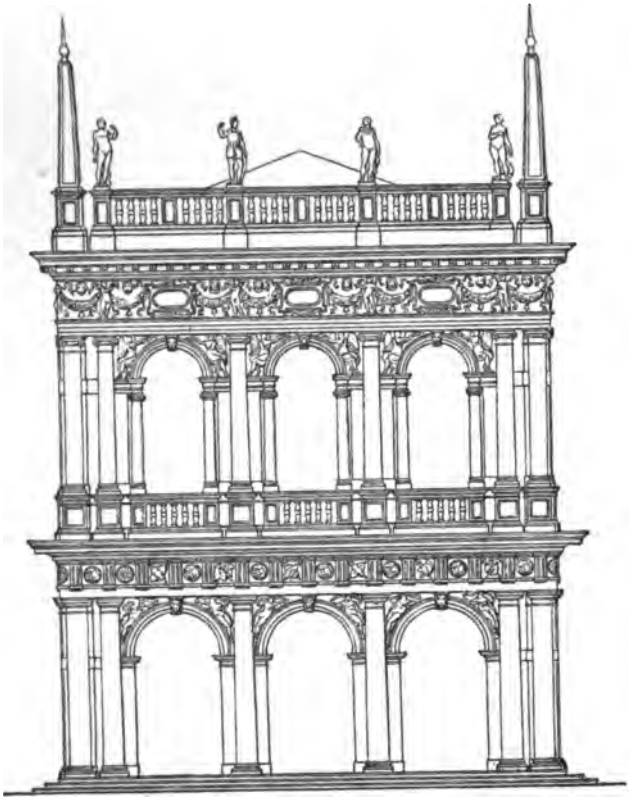
der Renaissance im Palastbau maßgebend und mustergiltig für die Folgezeit. Die Baudenkmäler machen, abgesehen von ihrer Zweckmäßigkeit und der Bequemlichkeit, auch einen würdevollen Eindruck durch ihre Fassaden, die eine harmonische Verbindung der Wand-

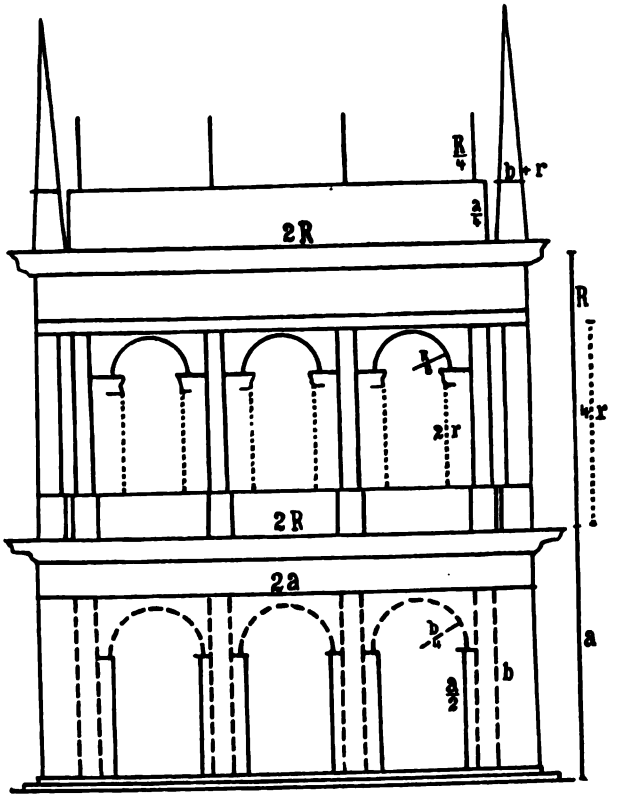


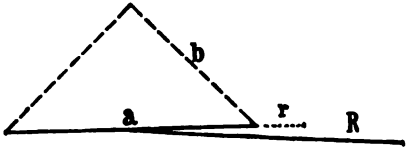
Abbild. 103. Durchschnitt der Capella Pellegrini in Verona.
Nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 104. Ansicht des Palazzo del Consiglio in Padua.
Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.





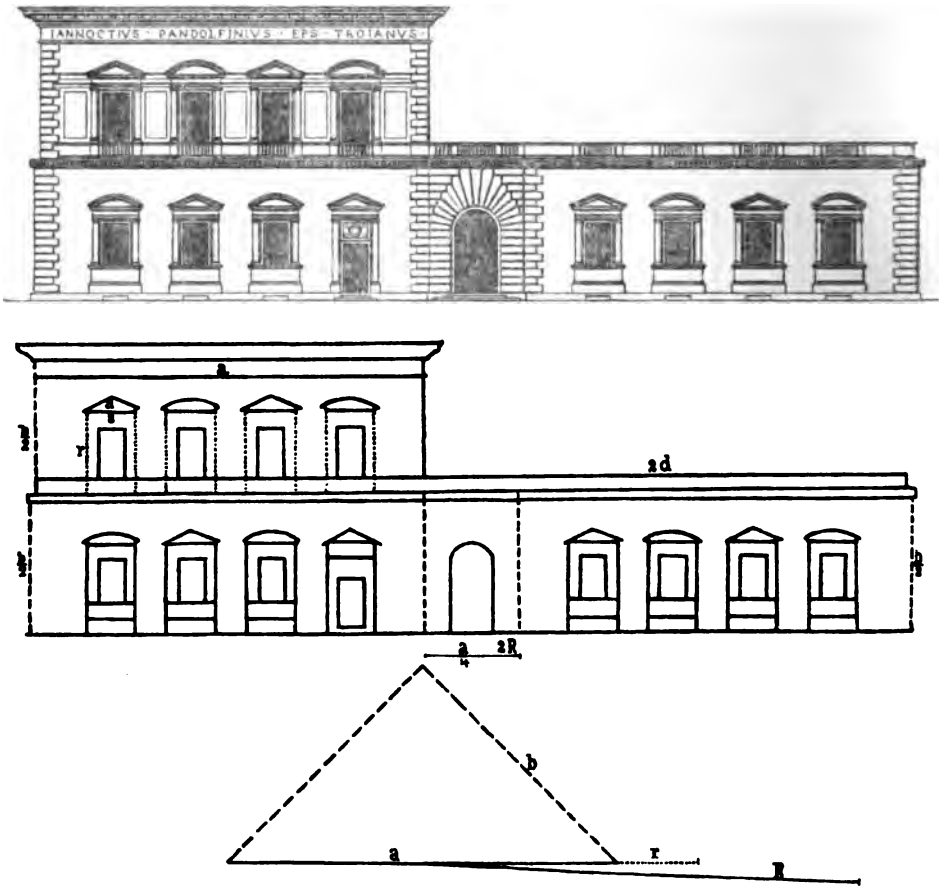


Abbild. 105.

Bibliothek in Venedig. Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

fläche, Türen und Fenster und Gesimse bilden. Als Beispiele seien nur einige angeführt.

Abbild. 104. Der Palast del Consiglio in Padua zeigt in der Verteilung der Fenster, Teilung der Wand, Höhe der Säulen

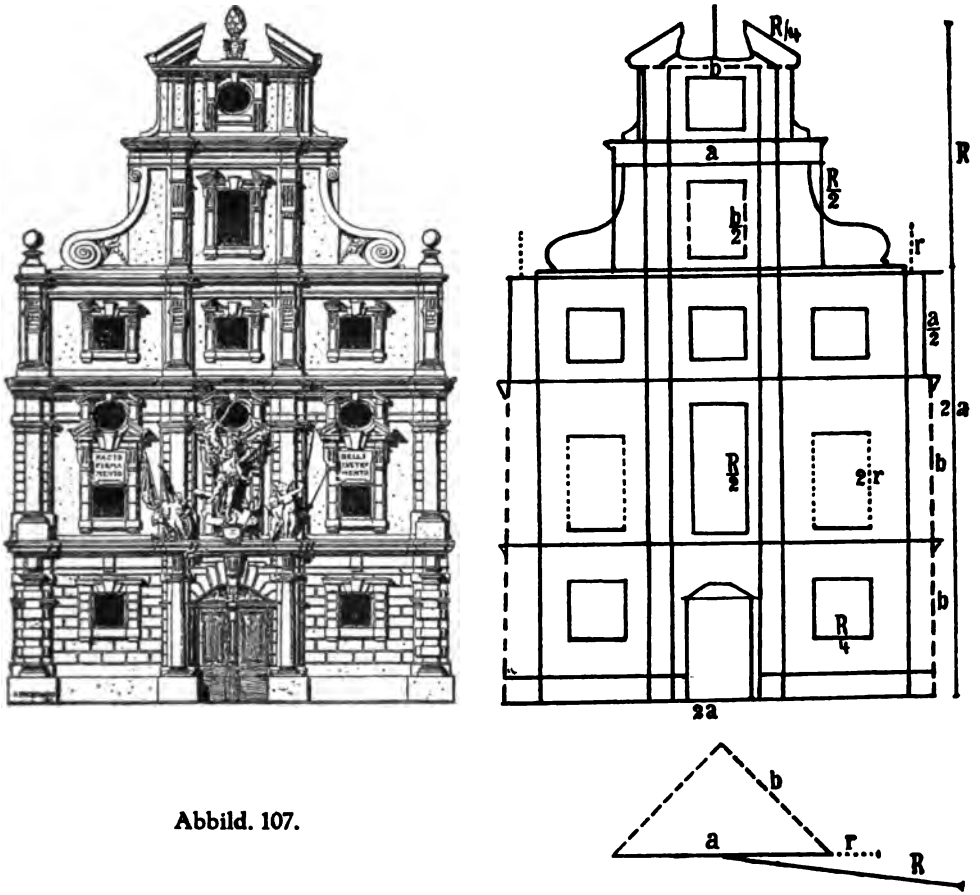


Abbild. 106. Palast Pandolfi in Florenz. Nach Bühlmann und nach dem harm. Dreieck.

schöne harmonische Maße. Im Untergeschoß sind die Säulen $\frac{a}{2}$, im Obergeschoß $\frac{b}{2}$ hoch.

Von besonders schöner Harmonie ist die Bibliothek von S. Marco in Venedig (Abbild. 105), von Sansovino im 16. Jahrhundert erbaut, aus Marmor. Der obere Fries ist vom Baumeister, der zugleich Bildhauer war, besonders reich ausgestattet.

Ganz abweichend von der Fassadenbildung der beiden Paläste ist der des Palastes Pandolfini in Florenz (Abbild. 106), der seine Entwicklung besonders in die Breite nimmt. Die architektonischen Linien sind harmonisch.

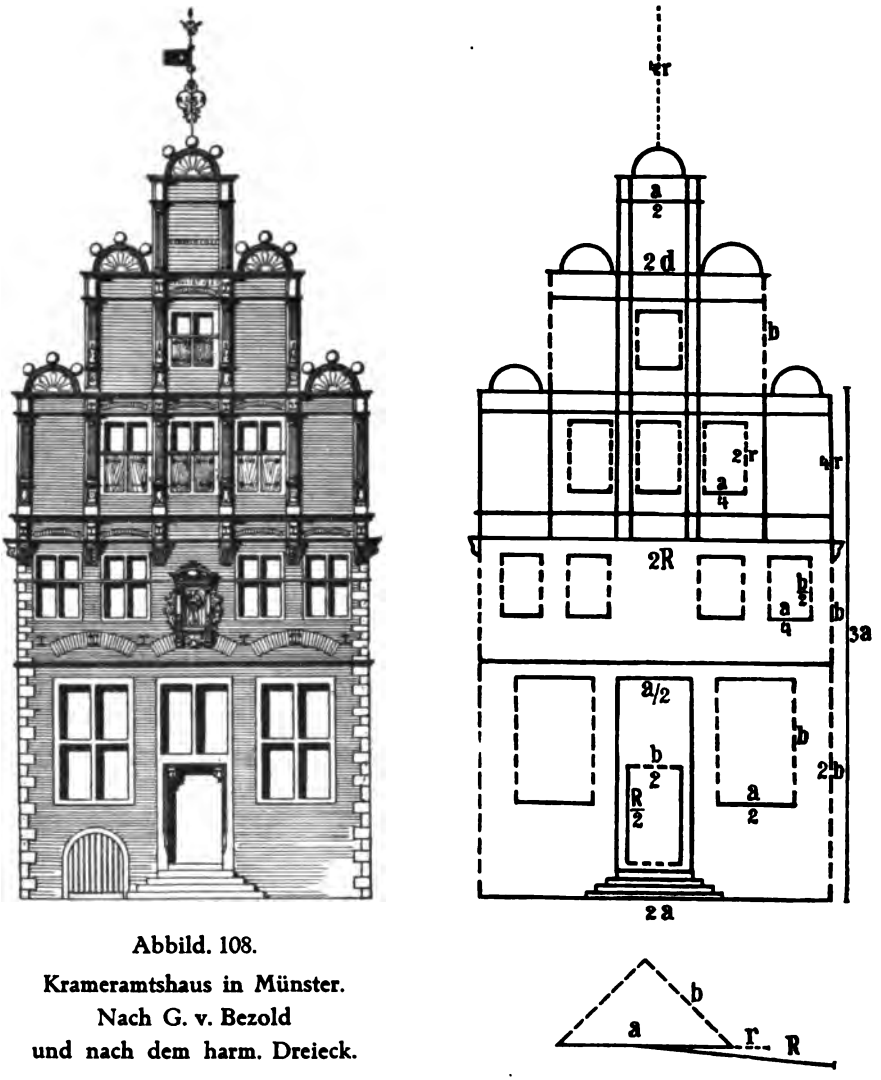


Abbild. 107.

Das Zeughaus in Augsburg. Nach G. v. Bezold und nach dem harm. Dreieck.

Abbild. 107. Das Zeughaus in Augsburg, Anfang des 17. Jahrhunderts von Elias Holl erbaut, mit sehr schöner Fassade. Dem derben Erdgeschoß ist ein großes Mittelstockwerk aufgesetzt mit einer Attika, über welche der Giebel emporragt. Die Gliederung ist klar und einheitlich, die Maßverhältnisse einfache harmonische wie R, a; b, $\frac{R}{2}$ usw.

Abbild. 108. Das Krameramtshaus in Münster mit abgetrepptem Giebel, der noch aus der Gotik stammt und als krönender Abschluß einen Halbkreis erhalten hat. Stockwerke, Fenster und Türen zeigen untereinander harmonische Verhältnisse.



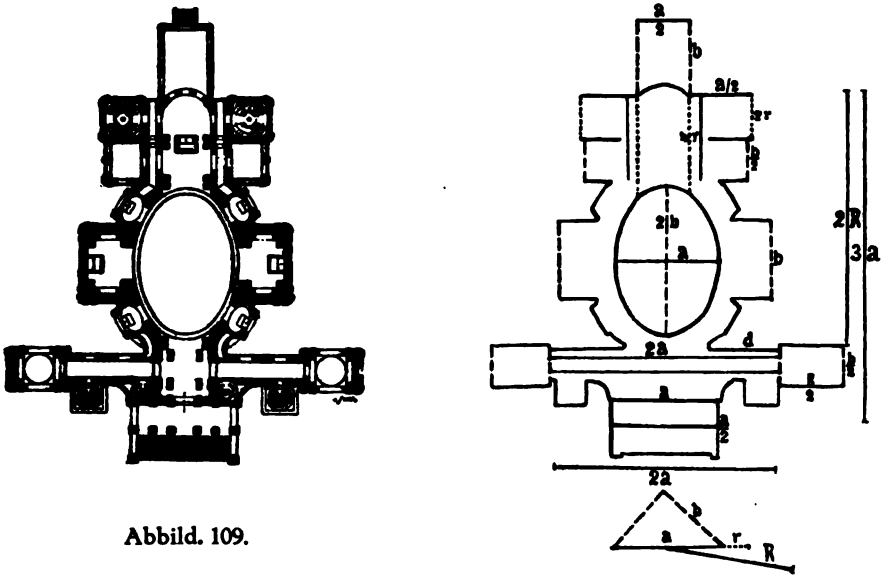
Abbild. 108.
Krameramtshaus in Münster.
Nach G. v. Bezold
und nach dem harm. Dreieck.

Die Beispiele aus der Renaissance könnten um viele andere noch vermehrt werden; sie alle würden nur bestätigen, was gleich anfangs erwähnt wurde, daß das Grundgesetz auch dieser Baustil-

periode Verhältnismäßigkeit, respektive Proportionalität in Maß und Raum ist, die mittels des harmonischen Dreieckes und Kreises klar aufgedeckt werden kann.

10. Einige Baudenkmäler aus den Baustilperioden nach der Renaissance.

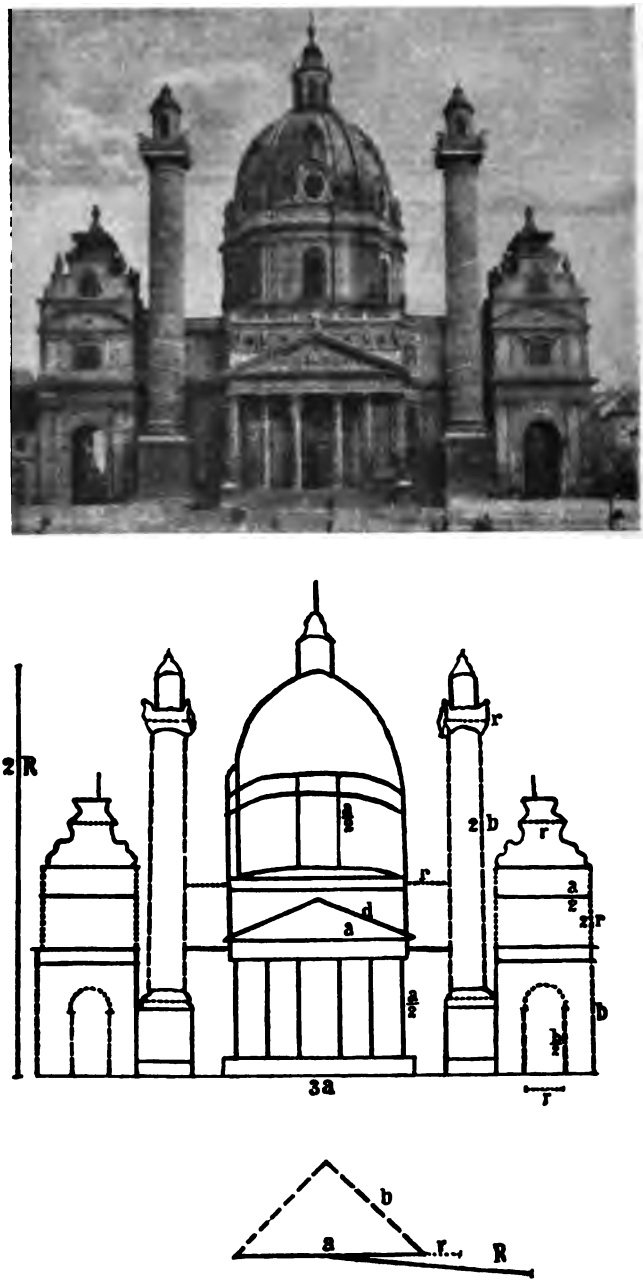
Zu Anfang des 16. Jahrhunderts war der Höhepunkt der Renaissance. Die Spätrenaissance ging über in den Barockstil, der vielfach zur Spätrenaissance gerechnet wird. Von anderer Seite wird er aber



Abbild. 109.

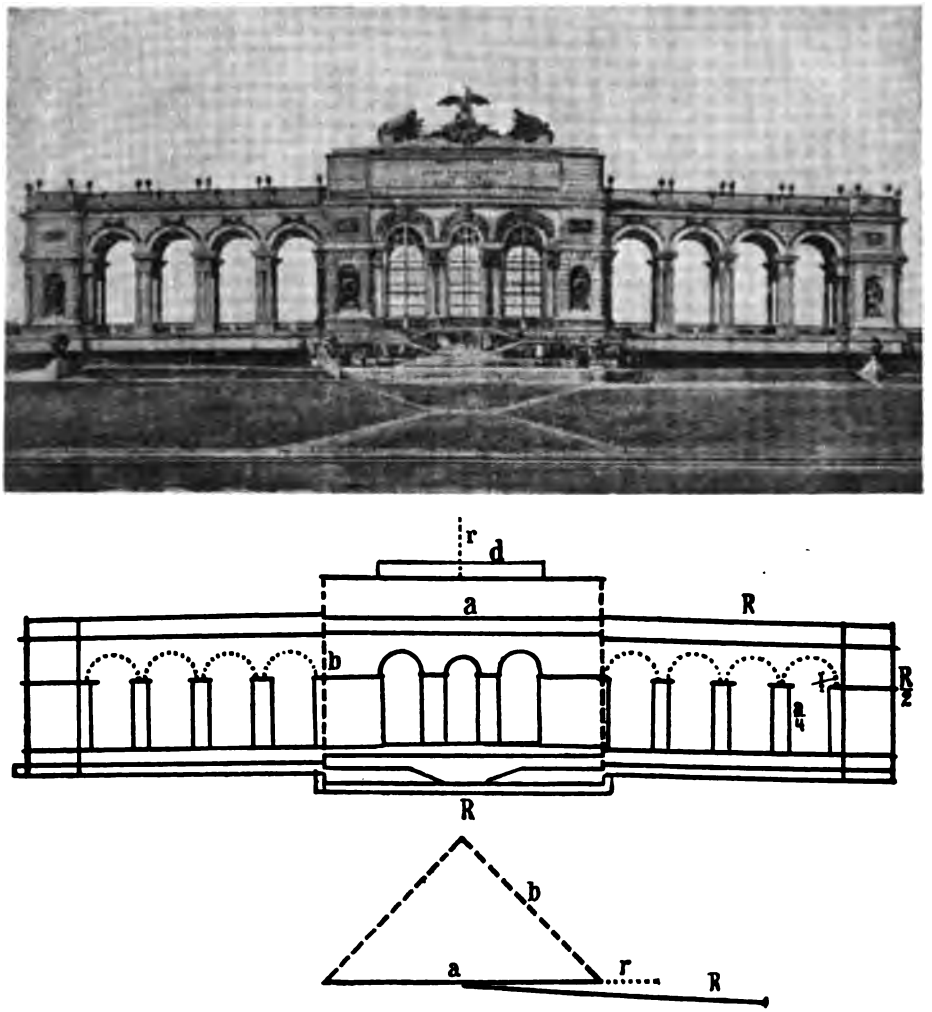
Grundriß der Karlskirche in Wien. Nach Kuhn und nach dem harm. Dreieck.

als eigener Baustil bezeichnet, der nicht aus der Ermattung des Formengefühls entstanden ist, sondern aus veränderten geistigen Strömungen und Idealen seine Kraft schöpfte und ebenso seine Eigentümlichkeiten besitzt wie die anderen. Als höchstes Ideal strebte der Barockstil weite, lichte, hohe einheitliche Räume aus einem Stücke an. Er war in allen Ländern Europas vom 16. bis zum 18. Jahrhundert der allgemein übliche und wurde Ende des 18. Jahrhunderts von der klassizistischen Stilperiode, die nach Einfachheit und Natürlichkeit strebte, abgelöst. Sie ist gleichsam als Reaktion gegen das Barock entstanden, das oft in Überschwenglichkeit in der Dekoration ausartete. Hieher gehört auch der Empirestil. Vom Anfang bis in die Mitte des



Abbild. 110. Ansicht der Karlskirche in Wien. Nach einer Photographie und nach dem harm. Dreieck.

19. Jahrhunderts endlich herrschte die Stilperiode des Hellenismus und der Romantik. Von den erwähnten Stilperioden nach der Renaissance werden nur einige Bauten angeführt, ohne auf die Eigentümlichkeit der Stile näher einzugehen.



Abbild. 111. Das Gloriette in Wien. Nach einer Photographie und nach dem harm. Dreieck.

Abbild. 109 und 110. Karlskirche in Wien, der berühmteste und bekannteste Bau Fischers von Erlach (1656—1723), eine der bedeutendsten Barockkirchen überhaupt. Den gewaltigen ovalen Mittel-

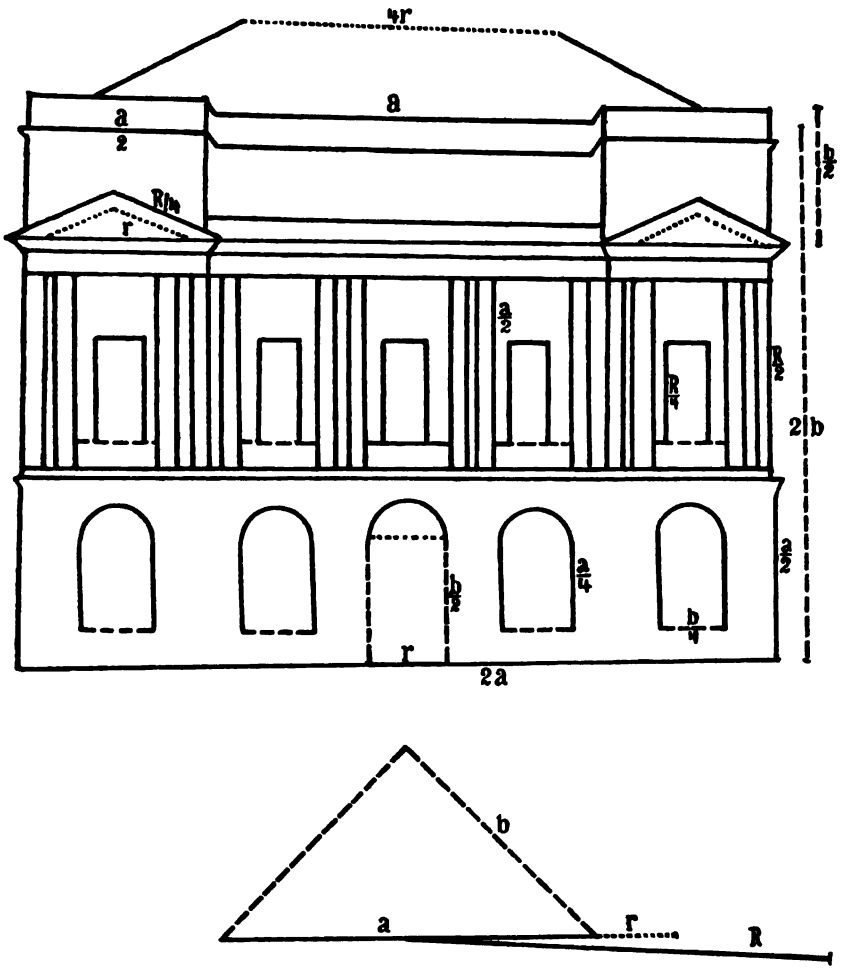
raum überwölbt eine ovale Kuppel. Daran schließen sich in der Achse zwei Kapellen von viereckiger Grundform, in den Diagonalen vier kleinere ovale Kapellen. Von der Vorhalle führen zwei längere quer angeschlossene Gänge zu den Türmen. Neben den Türmen ragen zwei 33 m hohe Säulen, Nachahmungen der Trajanssäule, mit Bildern und Darstellungen aus dem Leben des heiligen Karl. Vor dem Ein-

Abbild. 112. Die Akademie der Wissenschaften in Wien.
Nach einer Photographie von Wlha.

gang erhebt sich eine klassische Tempelfront mit sechs Säulen. Der Grundriß paßt in das Rechteck 2 : 3. Die Achsen des ovalen Mittelraumes sind 2 *b* und *a*. Breite der Seitenkapellen *b* usw. Die Fassade ist ebenfalls harmonisch, die Höhe der zwei Säulen 2 *R*, die des Eingangs $\frac{a}{2}$.

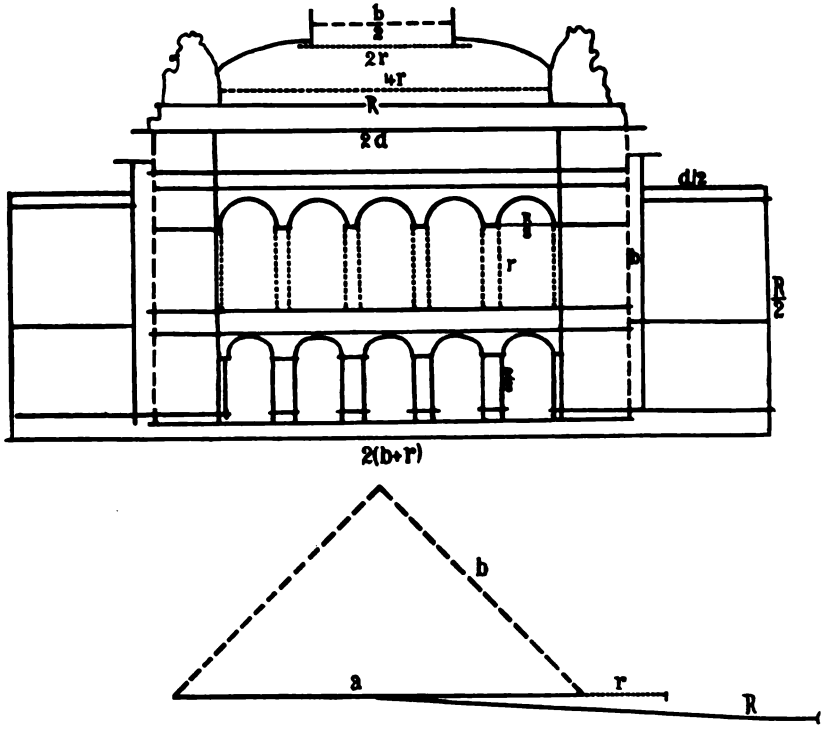
Abbild. 111. Die Gloriette in Schönbrunn. Der Entwurf zum Schloß von Schönbrunn stammte von Fischer von Erlach, doch wurde

der Bau erst unter Maria Theresia in vereinfachter Form von den Architekten Nikolaus Pacassi und Valmagini aufgeführt. Die Gloriette, 95 m lang und 19 m hoch, ist ein Hallenbau mit drei mittleren geschlossenen Arkaden, an welche sich offene Hallengänge von je vier Arkaden mit kleinen Eckpavillons und Freitreppen anschließen. Das Ganze ist in den schönen und einfachen harmonischen Verhältnissen *R* : *a*, *b*.

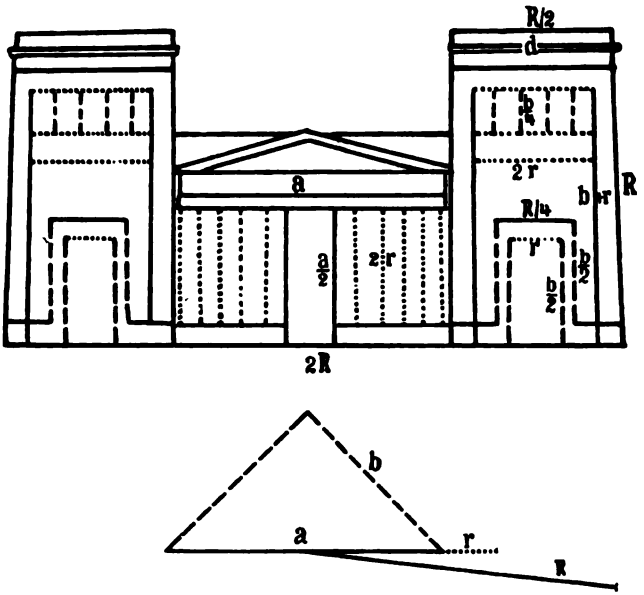


Abbild. 112. Die Akademie der Wissenschaften. Nach dem harm. Dreieck.

Abbild. 112. Die Akademie der Wissenschaften in Wien, ebenfalls aus der Barockzeit., wird verschiedenen Baumeistern zu-



Abbild. 113. Loggia der Hofoper in Wien. Nach einer Photographie und nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 114. Die Propyläen in München. Nach einer Photographie von Finsterlin und nach dem harm. Dreieck.

geschrieben. Die Gliederung und Verhältnismäßigkeit der Teile untereinander ist harmonisch. Die Breite ist 2 *a*, die Höhe 2 *b*, die Säulen $\frac{a}{2}$.

Abbild. 113. Die Loggia der Hofoper in Wien, aus der Bauperiode des Hellenismus und der Romantik, von den Baumeistern

Eduard van der Nüll und Siccard von Siccardsburg erbaut, ist aus Renaissance und Barocco gemischt. Die Fassade ist von imposanter Wirkung. Die Linien und die Gliederung sind harmonisch.

Abbild. 114. Die Propyläen in München stammen aus derselben Bauperiode wie die Hofoper in Wien. Das Prachttor war zur Erinnerung der Verbindung des bayerischen Königshauses mit Hellas vom Architekten Klenze erbaut. Die massigen Türme zu beiden Seiten sind ägyptische Prachtpforten, Pylonen ähnlich. Die Verhältnismäßigkeit ist einfach und harmonisch.

B. Die Bildhauerkunst oder Plastik

grenzt einerseits an die architektonische Gesetzmäßigkeit und Ruhe, andererseits an die malerische Freiheit und Lebendigkeit und liegt daher zwischen diesen beiden Künsten. Zur eigentlichen monumentalen Plastik, deren Werke sich in drei Arten teilen: Statue, Gruppe und Relief, stehen die mehr oder weniger zur Plastik gehörigen Kunsthandwerke und Kleinkünste im Gegensatz, die in einem eigenen Kapitel behandelt werden.

Die Plastik schafft aus schweren, toten Materialien, Stein, Erz, Ton Bildwerke, welche etwas Geistiges in entsprechender Form verkörpern sollen. Der lebende Körper des Menschen, sein Gesicht, werden in der Plastik in erster Linie dargestellt, weshalb hier der geeignetste Ort ist, die Verhältnismäßigkeit des menschlichen Körpers zu besprechen, umsomehr als es von altersher das Streben der Bildhauer war, den menschlichen Körper nicht nur anatomisch richtig, sondern auch in den schönsten Verhältnissen in allen Teilen und als Ganzes darzustellen.[1]) Unter den alten Griechen, den unübertroffenen Meistern der Plastik, hat Polyklet eine Schrift über die richtigen Verhältnisse geschrieben und in einer Musterstatue, dem sogenannten «Kanon», als welcher Doryphoros (Abbild. 115) gilt, zur Anschauung gebracht.

Die ganze Körperlänge als $2R$ angenommen, so daß der ganze Körper in aufrechter Stellung von dem harmonischen Kreis eingeschlossen wird, gibt folgende Maßverhältnisse:

Kopflänge . . . . . $\frac{R}{4}$,
Rumpflänge (Halsgrube bis Schoß) . . b,
Oberschenkellänge . . . . . $\frac{R}{2}$,

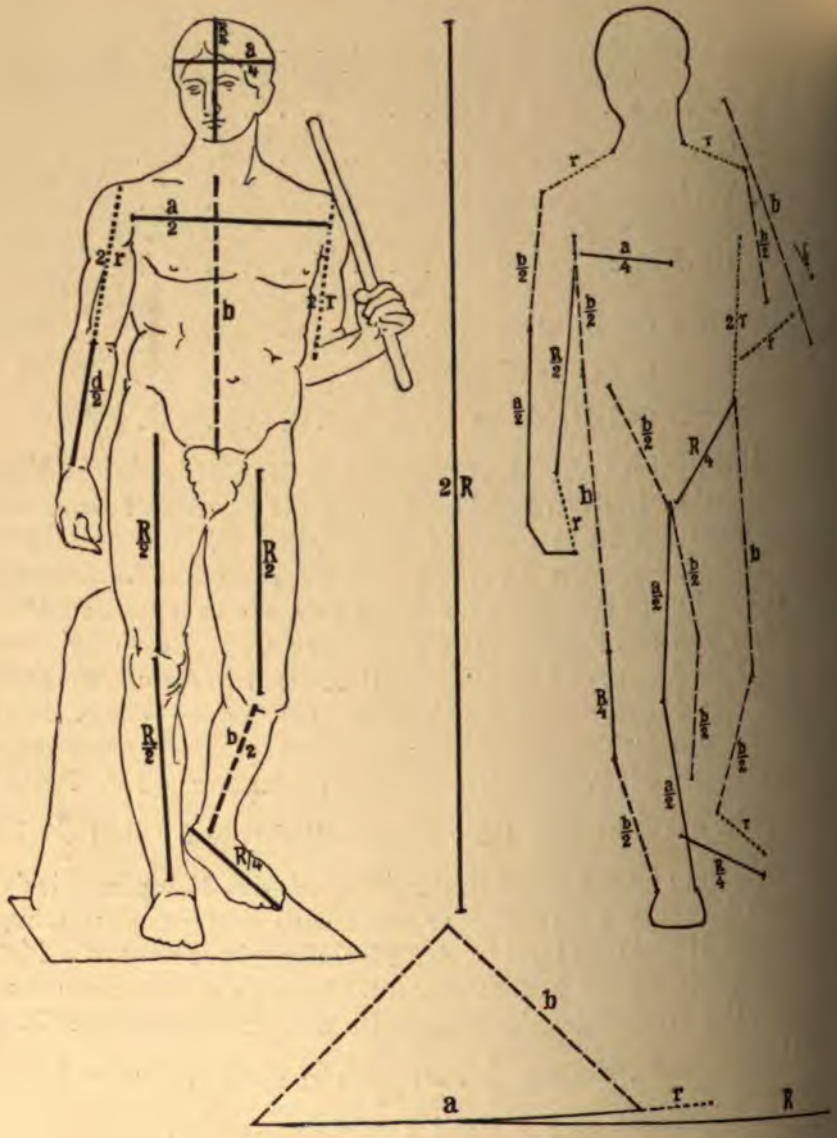
[1]) Die alten Ägypter haben ebenfalls nach bestimmten Regeln den menschlichen Körper dargestellt.

Unterschenkellänge	$\frac{R}{2}$,
Fußlänge	$\frac{R}{4}$,
Oberarmlänge	$2r$,
Vorderarmlänge	$\frac{d}{2}$,
Handlänge	$\frac{R}{4}$,
Breite der Brust	$\frac{a}{2}$,
Breite in der Lendengegend	$2r$,
Kopf- und Halslänge	$\frac{b}{2}$.

Die Umrißlinien (Abbild. 115) sind von der Vorderansicht ebenfalls harmonische. Die von Polyklet aufgestellte Regel galt den nachfolgenden Künstlern lange Zeit als mustergiltig. Ein anderer griechischer Bildhauer namens Lysippos führte neue Verhältnisse ein, indem er dem Rumpf schlankere Gestalten gab, die Gliedmaßen etwas schmächtiger und den Kopf etwas kleiner machte. Dadurch bekommt die Gestalt mehr Anmut und Beweglichkeit. An seinem Apoxyomenos, von dem eine Marmorkopie im Vatikan existiert — das Original ist sowie bei den meisten griechischen Statuen verloren gegangen — sind die neuen Maßverhältnisse deutlich sichtbar (Taf. XXIV). Der Kopf ist nur $\frac{a}{4}$ statt $\frac{R}{4}$ lang, die Schulterbreite $2r$ statt $\frac{a}{2}$. Die Statue stellt einen jungen Atlethen dar, der nach den Kämpfen mit dem Schabeisen behaglich seinen Körper von Staub und Schmutz reinigt.

Abbild. 116. Der «David» des Michelangelo bringt die Maßverhältnisse, wie sie der bedeutendste Bildhauer der Renaissance anwendete. Der Hauptunterschied liegt in den etwas kürzeren Ober- und Unterschenkeln, die nur $\frac{a}{2}$ statt $\frac{R}{2}$ lang sind. Zu allen Zeiten, in denen Bildhauerei und Malerei betrieben wurden, beschäftigten sich die Künstler mit den Proportionen des menschlichen Körpers. Seit Zeisings[1]) Verwendung des goldenen Schnittes bei der Proportionalität des menschlichen Körpers wurde wiederholt auf die

[1]) Dr. A. Zeising: Neue Lehre von den Proportionen des menschlichen Körpers. Leipzig 1854.
Dr. A. Göringer: Der goldene Schnitt und seine Beziehung zum menschlichen Körper. München 1911.
E. Bäuerle: Die Verhältnisse des menschlichen Körpers nach dem goldenen Schnitt. Leipzig.

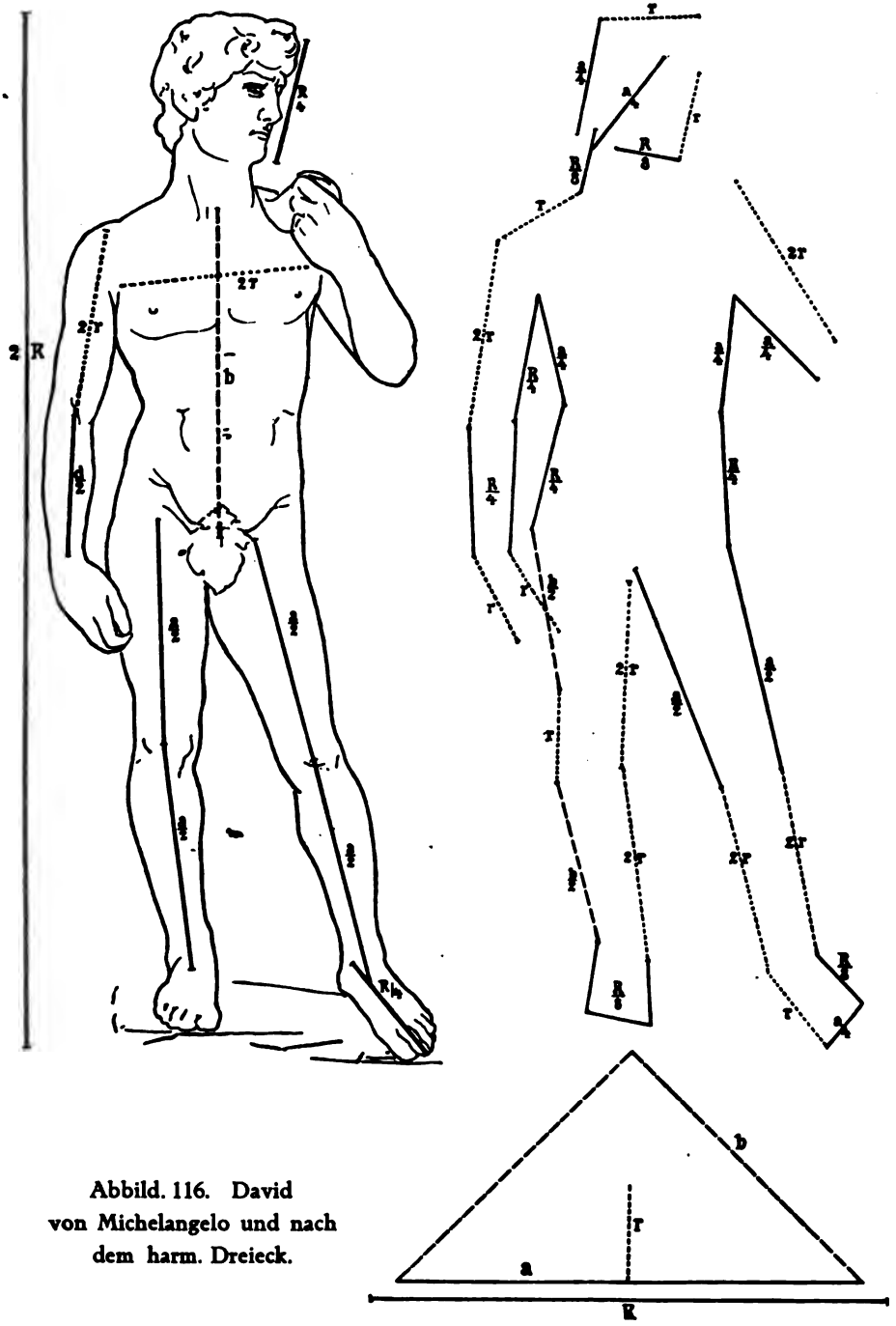


Abbild. 115. Der Doryphoros nach Polyklet
und nach dem harm. Dreieck.

Bedeutung desselben aufmerksam gemacht, anscheinend ohne Erfolg. In der folgenden Tabelle sind einige Maße nach Zeising im Vergleiche mit denen Michelangelos, Dürers u. a. angeführt. Die Länge des Körpers wird in 1000 Teile geteilt.

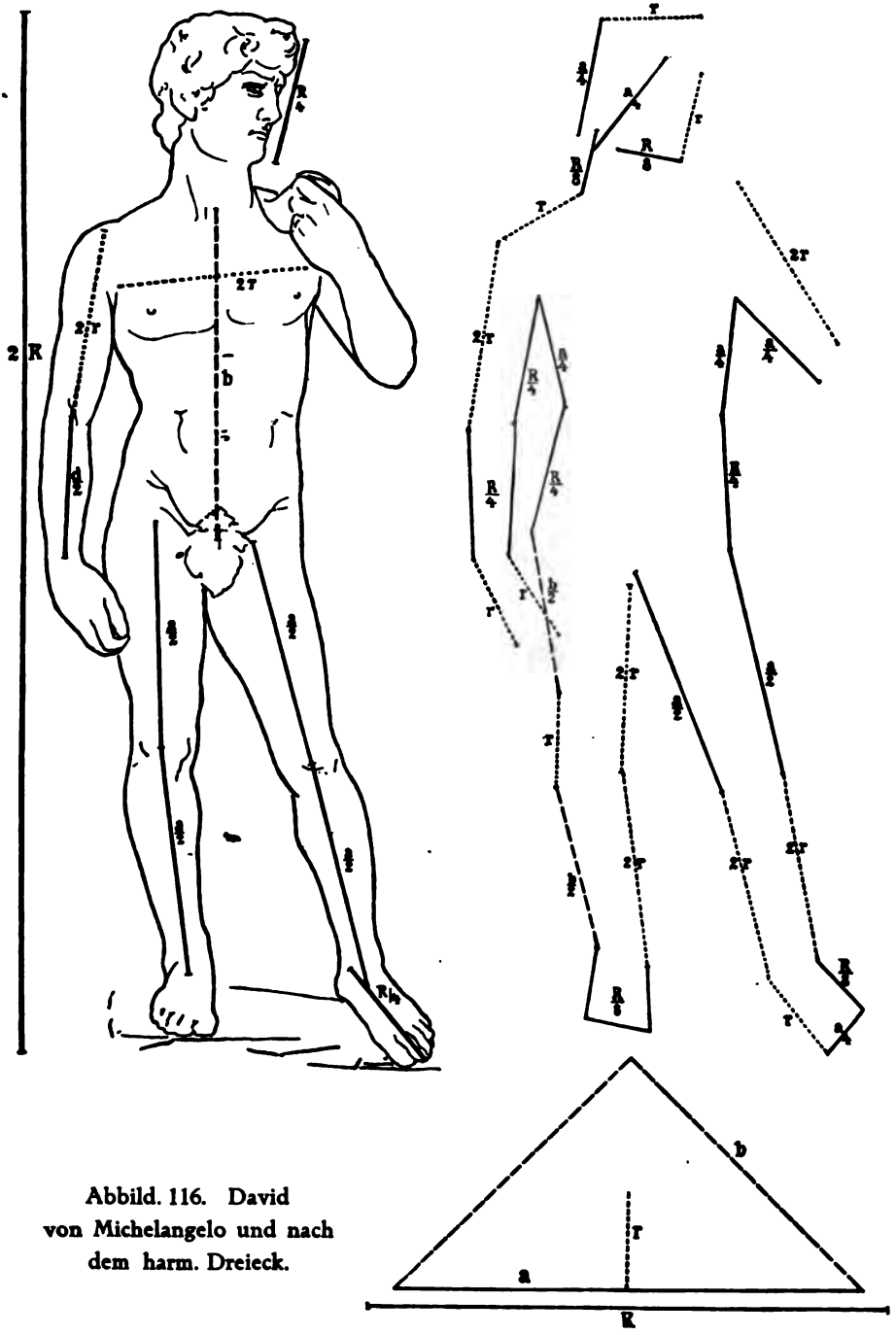
gefundenen

UNIV. OF MICH.



Abbild. 116. David von Michelangelo und nach dem harm. Dreieck.

UNIV. OF MICH.



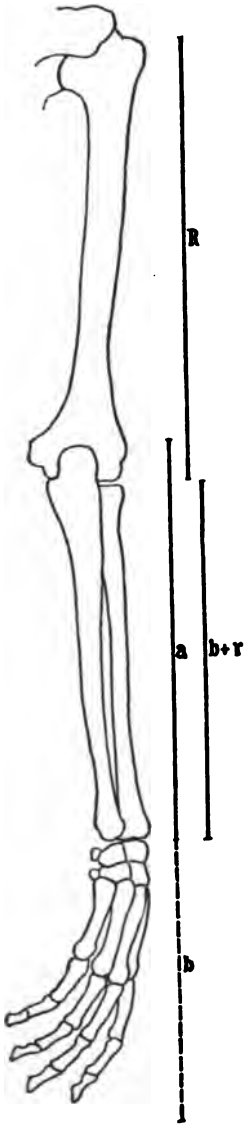
Abbild. 116. David von Michelangelo und nach dem harm. Dreieck.

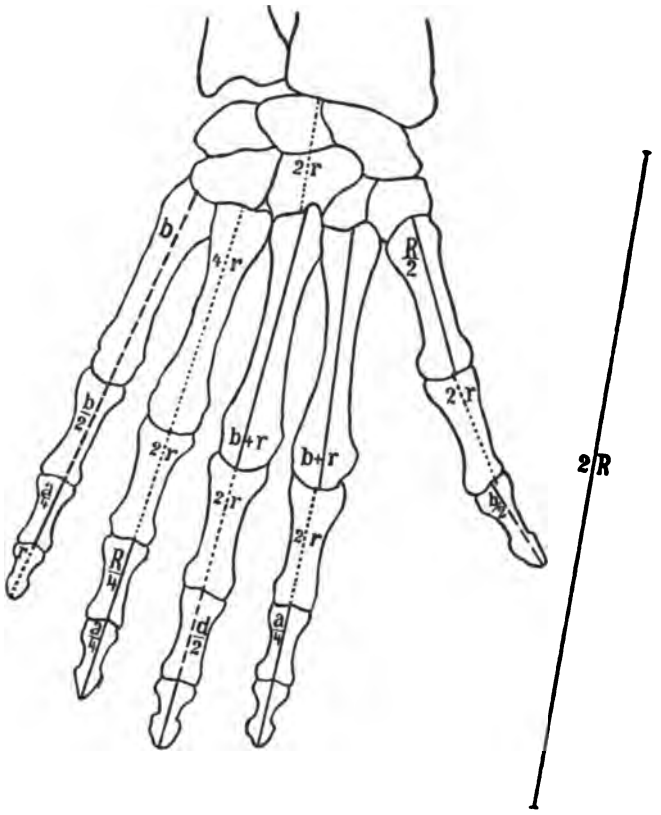
	Vitruv	Dürer	Michelangelo	Nach dem goldenen Schnitt (Zeising)	Nach dem harm. Dreieck $a = 447$	Verhältnis, wenn $a = 1$
Körperlänge	1000	1000	1000	1000	$2R = 1000$	$\sqrt{5}$
Kopf (Scheitel bis Vorsprung des Kinnes) . . .	125	125	122·5	124·6	$\frac{R}{4} = 125$	$\frac{\sqrt{5}}{8}$
Gesicht	100	100	105	103·3	$\frac{a}{4} = 111{\cdot}5$	$\frac{1}{4}$
Rumpf (Brustbeinanfang bis Schamfuge)			315	312·9	$b = 316$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
Oberschenkel				262	$\frac{R}{2} = 250$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$
Unterschenkel		250	210	249	$\frac{R}{2} = 250$ $\frac{a}{2} = 228$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$ $\frac{1}{2}$
Fußhöhe (Fußgelenk bis Sohle)		31·2	35	34·4	$\frac{b}{8} = 39$	$\frac{\sqrt{2}}{16}$
Fußlänge	167	166		145·8—166·6	$\frac{b}{2} = 158{\cdot}1$	$\frac{\sqrt{2}}{4}$
Oberarm		191	175	193·1	$2r = 186$	$\sqrt{2} - 1$
Unterarm	150	144	140	167	$\frac{b}{2} = 158{\cdot}1$ $\frac{d}{2} = 138{\cdot}2$	$\frac{\sqrt{2}}{4}$ $\frac{\sqrt{5}-1}{4}$
Handlänge	100	100	105	103	$\frac{a}{4} = 111{\cdot}5$	$\frac{1}{4}$
Arm	437·6	435	420	445·7	$a = 447$	1

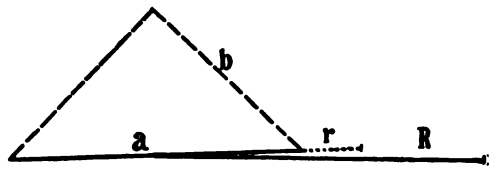
Die Verhältnismäßigkeit des menschlichen Körpers ist nach Alter und Geschlecht verschieden. Gottfried Schadow hat im Jahre 1834 in seinem Polyklet betitelten Werke hiefür eigentlich die Grundlagen geschaffen. Die folgenden Zahlen sind den Beobachtungen Liharžiks[1]) entnommen, die durchwegs auf Messungen Lebender beruhen und da, wo sie von denen Schadows abweichen, dies zugunsten des von der Kunst geschaffenen Schönheitsideals tun.[2]) Als Grundlage wurde eine männliche Gestalt mittlerer Größe genommen, welche bei der Geburt 50 cm messen würde.

[1]) Franz Liharžik, Das Gesetz des Wachstums und der Bau des Menschen. Proportionslehre aller menschlichen Körperteile für jedes Alter und für beide Geschlechter. Wien 1862.

[2]) Man vergleiche August Froriep, Anatomie für Künstler, Leipzig 1880, dem diese Zahlen entnommen sind.

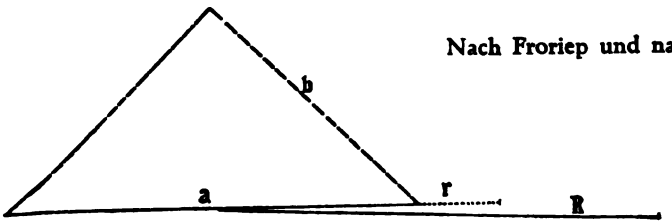






Abbild. 118. Skelett der Hand.

Nach Froriep und nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 117.

Abbild 117.
Das Skelett des Armes.
Nach Froriep und nach dem harm. Dreieck.

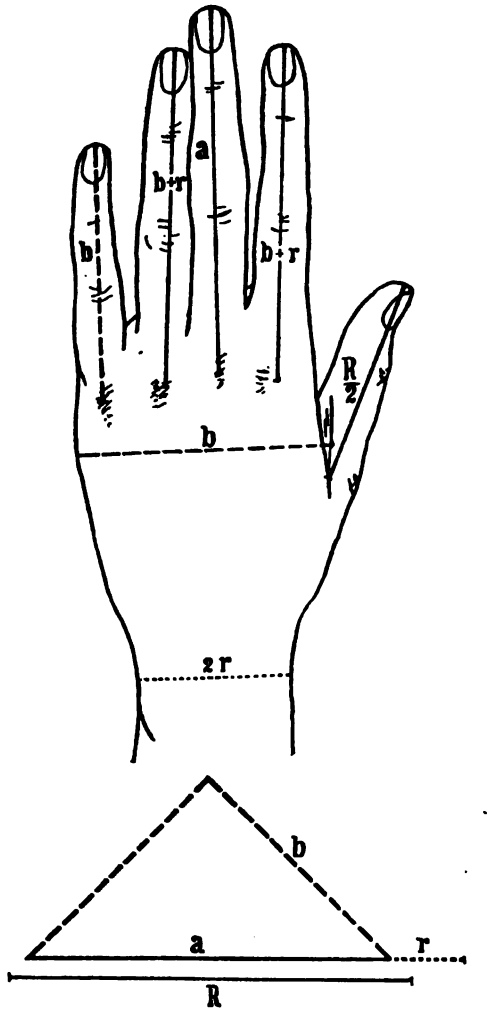
Länge	Neugeborener Knabe			Zweijähriger Knabe			$5^1/_2$jähriger Knabe			10jähriger Knabe		
	cm	nach dem harm. Dreieck $a = 22{\cdot}35$	Abweichung	cm	nach dem harm. Dreieck $a = 40{\cdot}7$	Abweichung	cm	nach dem harm. Dreieck $a = 54{\cdot}12$	Abweichung	cm	nach dem harm. Dreieck $a = 64{\cdot}85$	Abweichung
Körper	50	$2R = 50$	0	91	$2R = 91$	0	121	$2R = 121$	0	145	$2R = 145$	0
Kopf	12	$\frac{R}{2} = 12{\cdot}5$	0·5	18	$2r = 16{\cdot}85$	1·15	20	$\frac{b}{2} = 19{\cdot}13$	0·87	22	$\frac{b}{2} = 22{\cdot}9$	0·9
Hals	1	$\frac{r}{4} = 1{\cdot}1$	0·1	5	$\frac{a}{8} = 5{\cdot}08$	0·08	6	$\frac{r}{2} = 5{\cdot}6$	0·4	6·5	$\frac{r}{2} = 6{\cdot}71$	0·21
vom Hals bis Schoß . . .	17	$b = 15{\cdot}81$	0·19	29	$b = 28{\cdot}7$	0·3	36	$b = 38{\cdot}17$	2·17	41	$d = 40{\cdot}1$	0·9
Oberschenkel	9	$2r = 9{\cdot}28$	0·28	18	$2r = 16{\cdot}85$	1·15	27·5	$\frac{a}{2} = 27{\cdot}06$	0·44	35·25	$\frac{R}{2} = 36{\cdot}25$	1·0
Unterschenkel	9	$2r = 9{\cdot}28$	0·28	18	$2r = 16{\cdot}85$	1·15	27·5	$\frac{a}{2} = 27{\cdot}06$	0·44	35·25	$\frac{R}{2} = 36{\cdot}25$	1·0
vom Knöchel bis Sohle .	2	$\frac{r}{2} = 2{\cdot}3$	0·3	3	$\frac{b}{8} = 3{\cdot}6$	0·6	4	$\frac{d}{8} = 4{\cdot}18$	0·18	5	$\frac{b}{8} = 5{\cdot}7$	0·7
vom Schoß bis Sohle . . .	20	$b+r = 20{\cdot}45$	0·45	39	$a = 40{\cdot}7$	1·7	59	$R = 60{\cdot}5$	1·5	75·5	$R = 72{\cdot}5$	3
Oberarm	9	$2r = 9{\cdot}28$	0·28	16·5	$2r = 16{\cdot}85$	1·15	22	$2r = 22{\cdot}4$	0·4	26·5	$2r = 26{\cdot}84$	0·34
Vorderarm	7	$\frac{d}{2} = 6{\cdot}91$	0·09	12·75	$\frac{d}{2} = 12{\cdot}57$	0·18	17	$\frac{d}{2} = 16{\cdot}72$	0·28	20·25	$\frac{d}{2} = 20{\cdot}04$	0·21
Ober- und Vorderarm . . .	16	$b = 15{\cdot}81$	0·19	29·25	$a = 28{\cdot}7$	0·55	39	$b = 38{\cdot}26$	0·74	46·75	$b = 45{\cdot}85$	0·90
Hand	6	$\frac{R}{4} = 6{\cdot}25$	0·25	10·75	$\frac{a}{2} = 10{\cdot}18$	0·57	14	$\frac{a}{4} = 13{\cdot}53$	0·47	17·25	$\frac{a}{4} = 16{\cdot}21$	1·04
Vorderarm und Hand . .	13	$\frac{R}{2} = 12{\cdot}25$	0·75	23·5	$\frac{R}{2} = 22{\cdot}75$	0·75	31	$\frac{R}{2} = 30{\cdot}25$	0·75	37·5	$\frac{R}{2} = 36{\cdot}25$	1·25
Ober-, Vorderarm u. Hand	22	$a = 22{\cdot}35$	0·35	40	$a - 40{\cdot}7$	0·7	53	$a = 54{\cdot}12$	1·12	64	$a = 64{\cdot}85$	0·85

Länge	14jähriger Jüngling			14jähriges Mädchen			Erwachsener Mann			Erwachsenes Weib		
	cm	nach dem harm. Dreieck $a = 72{\cdot}9$	Abweichung	cm	nach dem harm. Dreieck $a = 72{\cdot}01$	Abweichung	cm	nach dem harm. Dreieck $a = 78{\cdot}26$	Abweichung	cm	nach dem harm. Dreieck $a = 77{\cdot}37$	Abweichung
Körper	163	$2R = 163$	0	161	$2R = 161$	0	175	$2R = 175$	0	173	$2R = 173$	0
Kopf	23	$\frac{d}{2} = 22{\cdot}52$	0·48	23	$\frac{d}{2} = 22{\cdot}25$	0·75	24	$\frac{d}{2} = 24{\cdot}18$	0·18	24	$\frac{d}{2} = 23{\cdot}91$	0·09
Hals	7	$\frac{r}{2} = 7{\cdot}5$	0·5	7	$\frac{r}{2} = 7{\cdot}45$	0·45	9	$\frac{a}{8} = 9{\cdot}78$	0·78	9	$\frac{a}{8} = 9{\cdot}62$	0·62
vom Hals bis Schoß	45	$d = 45{\cdot}05$	0·05	42	$\frac{R}{2} = 40{\cdot}25$	1·75	48	$d = 48{\cdot}37$	0·37	47	$d = 47{\cdot}82$	0·82
Oberschenkel	41	$\frac{R}{2} = 40{\cdot}75$	0·23	40·5	$\frac{R}{2} = 40{\cdot}25$	0·25	42·5	$\frac{R}{2} = 43{\cdot}75$	1·25	42	$\frac{R}{2} = 43{\cdot}25$	1·25
Unterschenkel	41	$\frac{R}{2} = 40{\cdot}75$	0·23	40·5	$\frac{R}{2} = 40{\cdot}25$	0·25	42·5	$\frac{R}{2} = 43{\cdot}75$	1·25	42	$\frac{R}{2} = 43{\cdot}25$	1·25
vom Knöchel bis Sohle	6	$\frac{b}{8} = 6{\cdot}41$	0·41	6	$\frac{b}{8} = 6{\cdot}35$	0·35	9	$\frac{a}{8} = 9{\cdot}78$	0·78	9	$\frac{a}{8} = 9{\cdot}62$	0·62
vom Schoß bis Sohle	88	$2d = 90{\cdot}1$	2·1	87	$2d = 89$	2	94	$2d = 96{\cdot}74$	2·74	93	$2d = 95{\cdot}64$	2·64
Oberarm	29·5	$2r = 30{\cdot}18$	0·68	29·5	$2r = 29{\cdot}8$	0·3	31·5	$2r = 32{\cdot}42$	0·92	31·3	$2r = 32{\cdot}05$	0·55
Vorderarm	22·5	$\frac{d}{2} = 22{\cdot}52$	0·02	22·5	$\frac{d}{2} = 22{\cdot}25$	0·25	24·5	$\frac{d}{2} = 24{\cdot}18$	0·32	24·5	$\frac{d}{2} = 23{\cdot}91$	0·59
Ober- und Vorderarm	52·0	$b = 51{\cdot}54$	0·46	52	$b = 50{\cdot}91$	1·09	56	$b = 55{\cdot}34$	0·66	56	$b = 54{\cdot}71$	1·29
Hand	19·5	$\frac{R}{4} = 20{\cdot}37$	0·87	19	$\frac{a}{4} = 18{\cdot}0$	1	21	$\frac{R}{4} = 21{\cdot}87$	0·87	20·5	$\frac{R}{4} = 21{\cdot}65$	1·1
Vorderarm und Hand	42	$\frac{R}{2} = 40{\cdot}75$	1·25	41·5	$\frac{R}{2} = 40{\cdot}25$	1·25	45·5	$\frac{R}{2} = 43{\cdot}75$	1·75	44·5	$\frac{R}{2} = 43{\cdot}25$	1·25
Ober-, Vorderarm u. Hand	71·5	$a = 72{\cdot}9$	1·9	71	$a = 72{\cdot}01$	1·01	77	$a = 78{\cdot}26$	1·26	76·5	$a = 77{\cdot}37$	0·87

Vergleichende Darstellung der Verhältnisse des menschlichen Körpers in verschiedenen Altersstufen, wenn für *a* jeweils 1 gesetzt wird.

Länge	Neugeborener Knabe	Zweijähriger Knabe	5¼ jähriger Knabe	10jähriger Knabe	14jähriger Jüngling	14jähriges Mädchen	Erwachsener Mann	Erwachsenes Weib
Körper	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{5}$	$\sqrt{5}$
Kopf	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\sqrt{2}-1$	$\frac{\sqrt{2}}{4}$	$\frac{\sqrt{2}}{4}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{4}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{4}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{4}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{4}$
Hals	$\frac{\sqrt{2}-1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
vom Hals bis Schoß	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$
Oberschenkel	$\sqrt{2}-1$	$\sqrt{2}-1$	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$
Unterschenkel	$\sqrt{2}-1$	$\sqrt{2}-1$	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{\sqrt{5}}{4}$	$\frac{\sqrt{3}}{4}$
vom Knöchel bis Sohle	$\frac{\sqrt{2}-1}{4}$	$\frac{\sqrt{2}}{16}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{16}$	$\frac{\sqrt{2}}{16}$	$\frac{\sqrt{2}}{16}$	$\frac{\sqrt{2}}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$
Oberschenkel bis Sohle	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$	1	$\frac{\sqrt{5}}{7}$	$\frac{\sqrt{5}}{2}$	$\sqrt{5}-1$	$\sqrt{5}-1$	$\sqrt{5}-1$	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$
Oberarm	$\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{5}-1}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{5}-1}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{5}-1}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{5}-1}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{5}-1}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{5}-1}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{5}-1}$	$\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{5}-1}$
Vorderarm	$\frac{4}{\sqrt{2}}$	$\frac{4}{\sqrt{2}}$	$\frac{4}{\sqrt{2}}$	$\frac{4}{\sqrt{2}}$	$\frac{4}{\sqrt{2}}$	$\frac{4}{\sqrt{2}}$	$\frac{4}{\sqrt{2}}$	$\frac{4}{\sqrt{2}}$
Oberarm und Vorderarm	$\frac{2}{\sqrt{5}}$	$\frac{2}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\sqrt{2}}$	$\frac{2}{\sqrt{2}}$
Hand	$\frac{8}{\sqrt{5}}$	$\frac{4}{\sqrt{5}}$	$\frac{4}{\sqrt{5}}$	$\frac{4}{\sqrt{5}}$	$\frac{8}{\sqrt{5}}$	$\frac{4}{\sqrt{5}}$	$\frac{8}{\sqrt{5}}$	$\frac{8}{\sqrt{5}}$
Vorderarm und Hand	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$
Oberarm, Vorderarm und Hand								

Die meisten Zahlen stimmen mit den harmonischen recht gut. Bemerkenswert ist, daß der Oberarm, Vorderarm sowie der ganze Arm im selben Verhältnisse zur Körperlänge steht. Die anderen Maße



Abbild. 119. Hand nach dem harm. Dreieck.

schwanken ganz bedeutend, so der Kopf, der beim neugeborenen Knaben $\frac{1}{4}$, beim Erwachsenen nur $\frac{1}{8}$ der Körperlänge ausmacht.

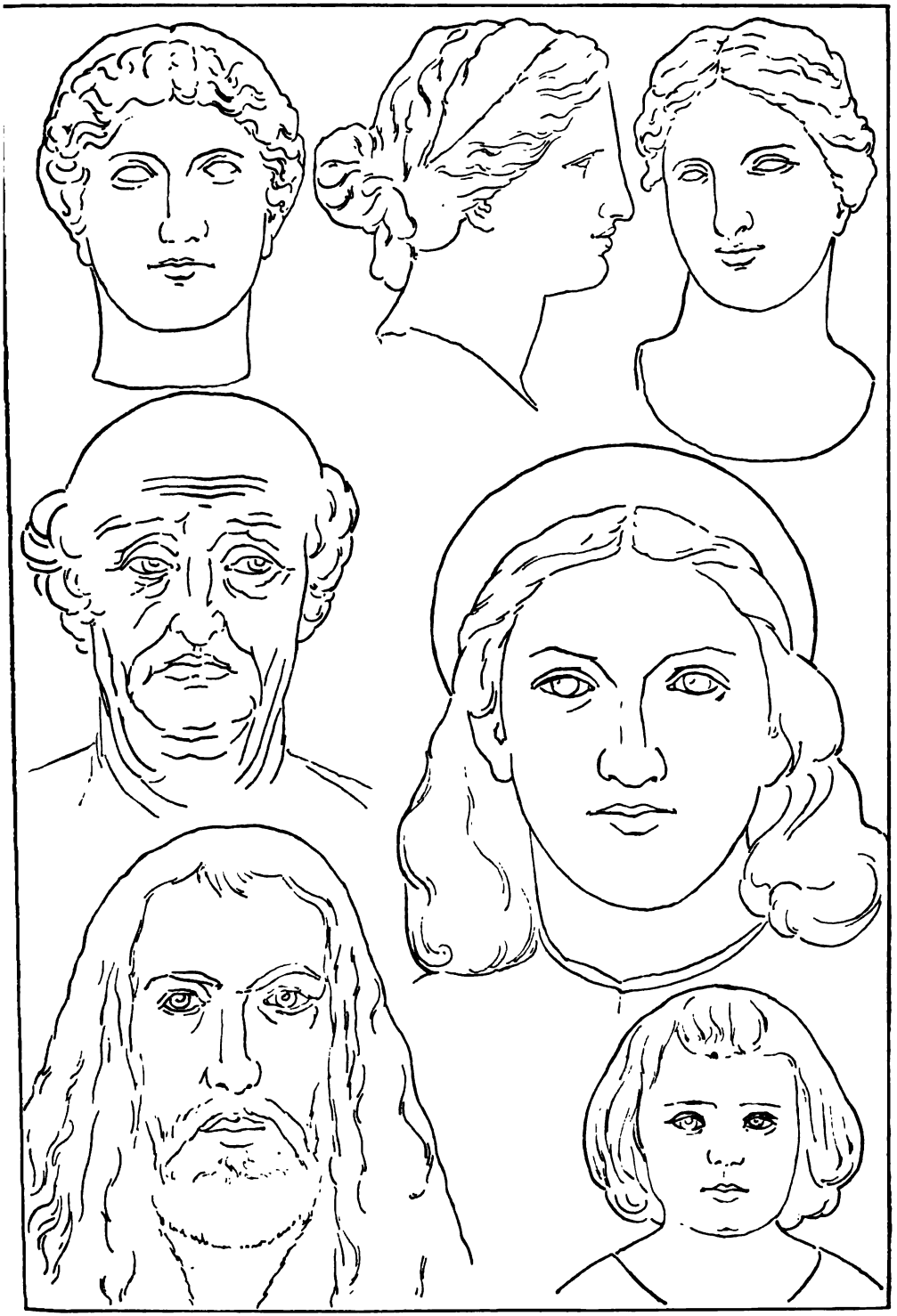
Wie in einem Bauwerke alle Teile der Harmonie des Ganzen folgen, einzelne Teile aber, wie z. B. Fenster, für sich betrachtet, wieder

eigene harmonische Verhältnisse aufweisen, so haben auch einzelne Organe des menschlichen Körpers, für sich betrachtet, eigene harmonische Verhältnisse.

Wird der Arm, der im Vergleiche mit dem Körper 1 (a) ist, im besonderen mit $2\,R$ angenommen (Abbild. 117), so ist der Oberarmknochen R, die beiden Unterarmknochen, Elle und Speiche, a und $b + r$ und die Hand b. Die Hand ist im Körperganzen $\frac{a}{4}$ oder $\frac{R}{4}\left(\frac{1}{4}, \frac{\sqrt{5}}{8}\right)$; die Länge mit $2\,R$ angenommen (Abbild. 118, 119), gibt harmonische Maße der Finger von a, $b + r$, b und $\frac{R}{2}$, Handbreite b, sowie der einzelnen Knochen. Besondere Beachtung verdient der Kopf des Menschen, da er ja sehr häufig allein dargestellt wird und der Hauptsitz des seelischen Ausdruckes ist.

Wie schon erwähnt, ist der Kopf $\frac{1}{8}\left(\frac{R}{4}\right)$ oder $\frac{d}{2}$ der Körperlänge. Nimmt man bei der besonderen Betrachtung des Kopfes das Längenmaß statt $\frac{R}{4}$ als $2\,R$ an, so ist in der Regel die Länge des Gesichtes 3, die Breite 2, so daß es von einem Rechteck $2:3$ eingeschlossen wird (Tafel XXV, Fig. 2, 3, 4, 5), oder es ist $2\,a$ lang und $2\,b$ breit (Fig. 1, 7), die Länge zur Breite verhält sich wie $a:b$, selten ist er länger, wie beim Dürerkopf, $2:1$, oder kürzer, so daß das Gesicht fast rund erscheint. Die Griechen hatten die drei Teile des Gesichtes in drei gleiche Teile geteilt, Stirn, Nase, Nase bis Kinn (Fig. 2, 3, 5). Ist jeder Teil b lang, so ist die Entfernung von Nase bis Mund r, vom Mund zum Kinn $\frac{a}{2}$. In der Jugend (Fig. 7) ist die Nase kürzer $\frac{a}{2}$, im hohen Alter der unterste Teil kürzer (Fig. 4). Die Augenbrauen sind meist $\frac{a}{2}$ oder $\frac{R}{2}$ lang, das Auge $2\,r$ oder $\frac{b}{2}$ oder r breit. Ist die Ansicht des Gesichtes nicht von vorne, sondern von der Seite, so tritt natürlich entsprechende Verkürzung der einzelnen Linien ein, doch so, daß auch die verkürzten harmonisch und daher schön sind (Abbild. 120).

Die Harmonie des menschlichen Körpers sowie seiner Teile ist durchwegs eine vollkommene. Der Arm als Einheit ($a = 1$) angenommen ergibt immer in allen Lebensaltern eine Körperhöhe von $2\,R$ oder $(\sqrt{5})$. Im erwachsenen Körper ist die Kopflänge $\frac{1}{8}$ oder $\left(\frac{R}{4}\right)$ der Körperlänge, der Oberschenkel $\frac{R}{2}$, ebenso der Unterschenkel, so daß es in jeder Lage leicht ist, die harmonischen Proportionen zu finden.



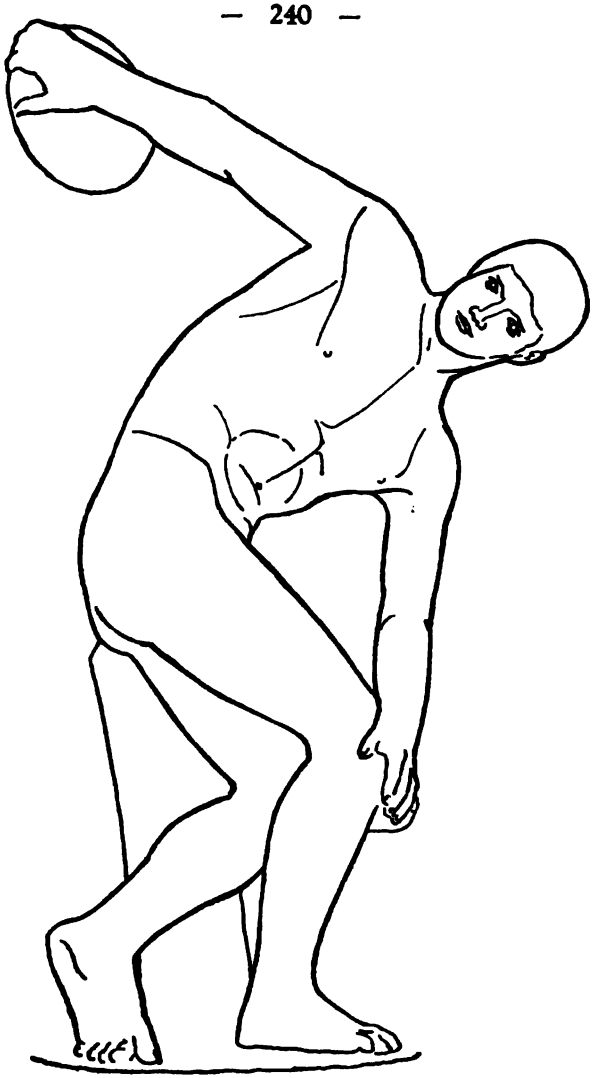
Antlitz des Menschen: Herakopf von Argos. — Kopf der Aphrodite, von der Seite und von vorn. Nach Furtwängler. — Charakterkopf eines Greises von L. da Vinci. — Bildnis eines Jünglings von L. da Vinci. — Selbstbildnis Dürers. — Des Künstlers Tochter Anna von Schwind.

Die Proportionen des Gesichtes im besonderen werden ebenfalls auf demselben Wege gefunden.

Abbild. 120. Michael Wolgemut von A. Dürer und nach dem harm. Dreieck.

Bezeichnend ist, daß die schönen Gesichter der Griechen, die allgemein als Ideal gelten, von dem Rechteck 2:3 oder $a:b$ eingerahmt werden.

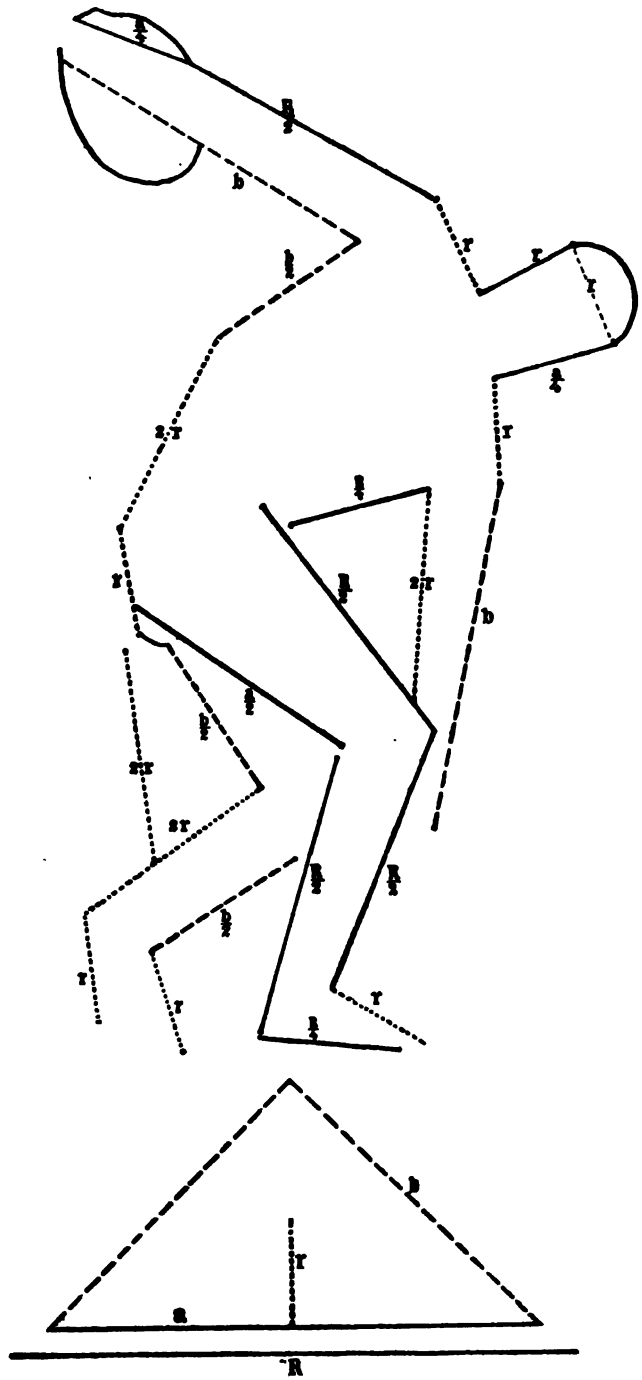
Das Antlitz des Menschen kann mit vollem Rechte die Lehrmeisterin für die Harmonie in der Kunst betrachtet werden, auch in dieser Richtung ein unerschöpflicher Born für den, der aus ihm zu schöpfen vermag.



Abbild. 121. Der Diskuswerfer nach Myron. Rom, Pal. Lancellotti.

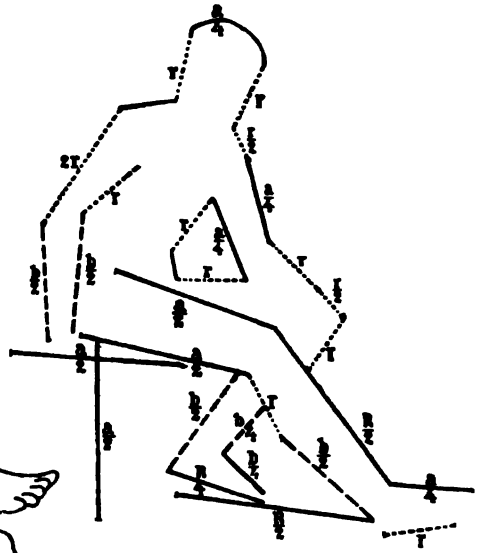
1. Die Statue.

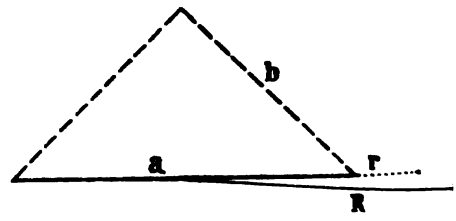
Der Schönheitssinn der Griechen ließ sie die Plastik meisterlich betreiben. In Erz oder Marmor verewigt zu werden, galt als etwas äußerst Erstrebenswertes für den Kämpfer, Feldherrn und Staatsmann. Daher die zahlreichen allerdings nur zum geringsten Teile erhaltenen Statuen. Einige der bekanntesten werden hier abgebildet, um die Linienführung der «plastischen Ruhe» des lebendigen, aber doch gemessenen Rhythmus kennen zu lernen.



Abbild. 121. Der Diskuswerfer nach Myron. Nach dem harm. Dreieck.

Fig. 121. Der Diskuswerfer nach Myron. Die Statue stellt einen Jüngling dar, der zum Wurfe ausholt. Das ganze Körpergewicht ruht auf dem rechten Fuß, der linke schleift auf dem Boden. Durch die Wucht und den Schwung wird der ganze Oberleib nach rechts gedreht, der Kopf und der linke Arm folgen dieser Bewegung. J. Overbeck [1]) sagt





Abbild. 122.

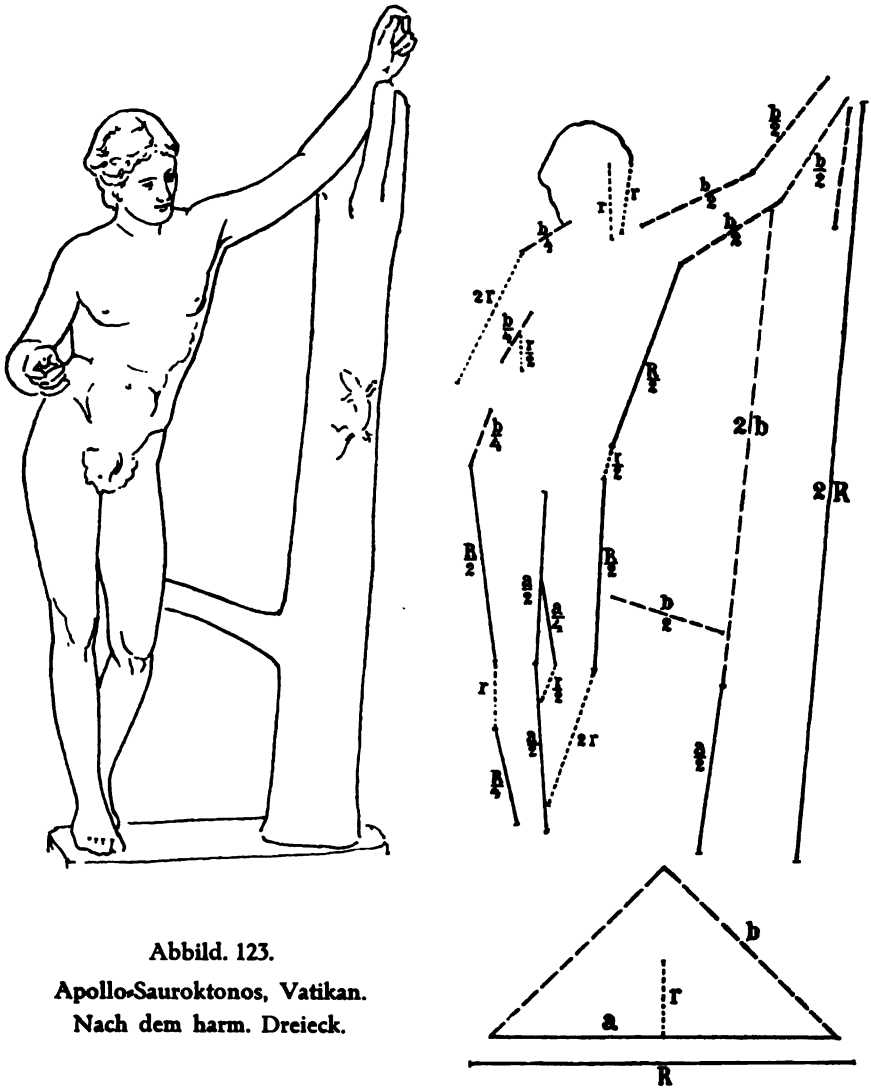
Ruhender Hermes, Neapel.

Nach dem harm. Dreieck.

treffend hierüber folgendes: «Diese Wahl des prägnantesten Augenblicks, diese Darstellung des Momentanen, in dem sich Vergangenheit und Zukunft berühren, diese Kühnheit der höchsten und äußersten Bewegung, deren der menschliche Körper in dieser Richtung fähig ist, bildet die eine Seite dessen, was unsere Bewunderung der Statue vorzüglich erregt.... Die andere Seite ist die wunderbare Durchführung der Bewegung, des Widerspiels der Kräfte, der vollendete Rhythmus, welcher den

[1]) Geschichte der griechischen Plastik I.

ganzen Körper durchdringt.» Nur ganz wenige Linien bilden den Umriß des Diskuswerfers, die Parallelen und ihre Richtungen sind sehr deutlich. Gerade in der Linienführung ist die

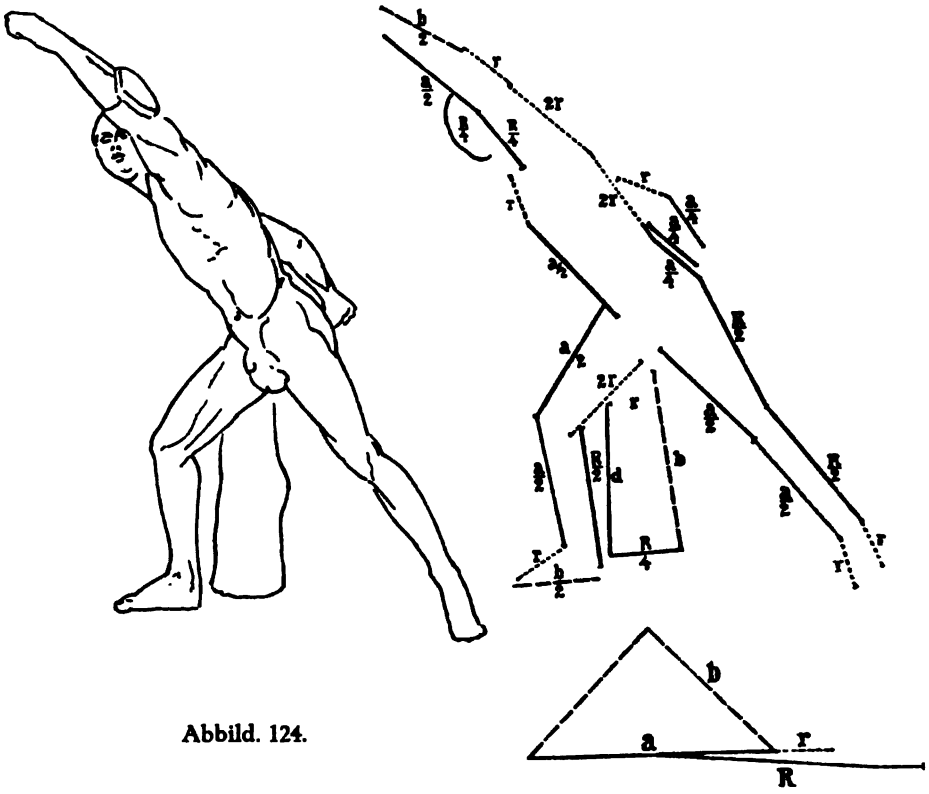


Abbild. 123.
Apollo-Sauroktonos, Vatikan.
Nach dem harm. Dreieck.

höchste Einfachheit, ebenso in den Maßverhältnissen, die durchwegs harmonisch sind. Das sind die Grundbedingungen des vollendeten Rhythmus. Die Proportionen der Glieder sind dieselben wie bei Polyklet.

Abbild. 122. Der ruhende Hermes aus Bronze, aus dem verschütteten Herkulanum ausgegraben 1719, jetzt in Neapel, ist eine der vortrefflichsten Statuen des Altertums. Der Künstler ist unbekannt.

Tafel XXVI, Abbild. 123, 124, 125, 126 bringen berühmte Statuen des Altertums, so den Apollo von Belvedere, Apollo Saurok-



Abbild. 124.

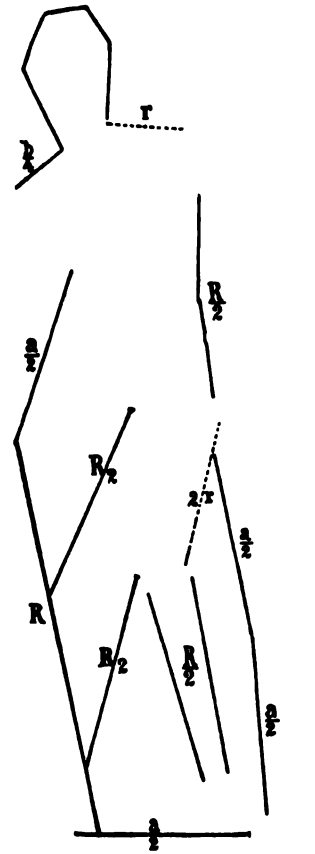
Borghesischer Fechter. Louvre. Nach dem harm. Dreieck.

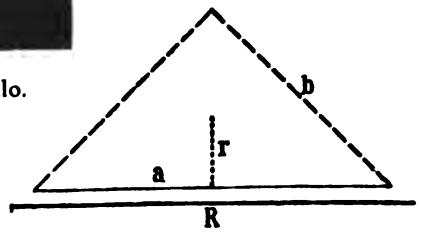
tonos, den Borghesischen Fechter und die Venus von Milo, in denen sowohl die Harmonie der Linien als auch die Parallelität der Linien deutlich zu sehen ist.

Auch die Reiterstatuen, die gerade in bezug auf die Verhältnismäßigkeit der beiden zu einem Ganzen verbundenen Organismen eine interessante Aufgabe zu lösen geben, folgen der Harmonie.

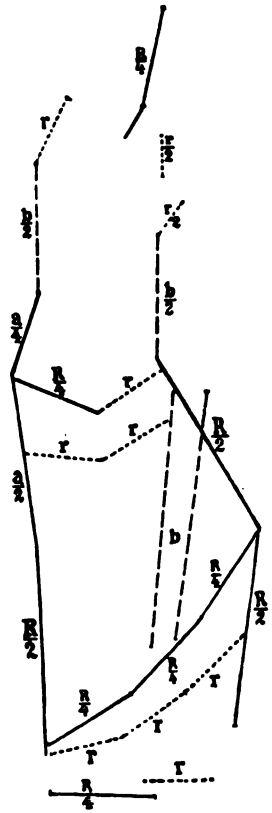
Apollo von Belvedere. Vatikan.

UNIV. OF MICH.



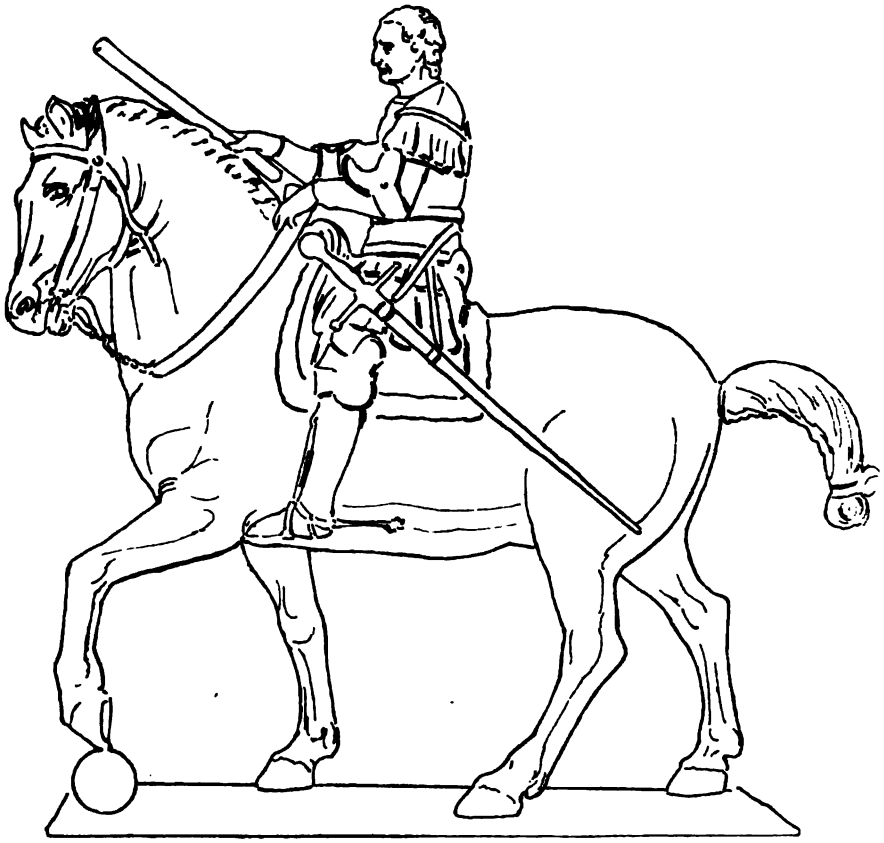


Abbild. 125. Venus von Milo.
Vorderansicht, Louvre.
Nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 126. Venus von Milo. Seitenansicht, Louvre.
Nach dem harm. Dreieck.

Abbild. 127. Das Denkmal des Gattamelata von Donatello in Padua zeigt Roß und Reiter in richtigen Verhältnissen. Die Kopflänge des Pferdes mit $\frac{a}{2}$ (s. Taf. XXI) angenommen, ergibt



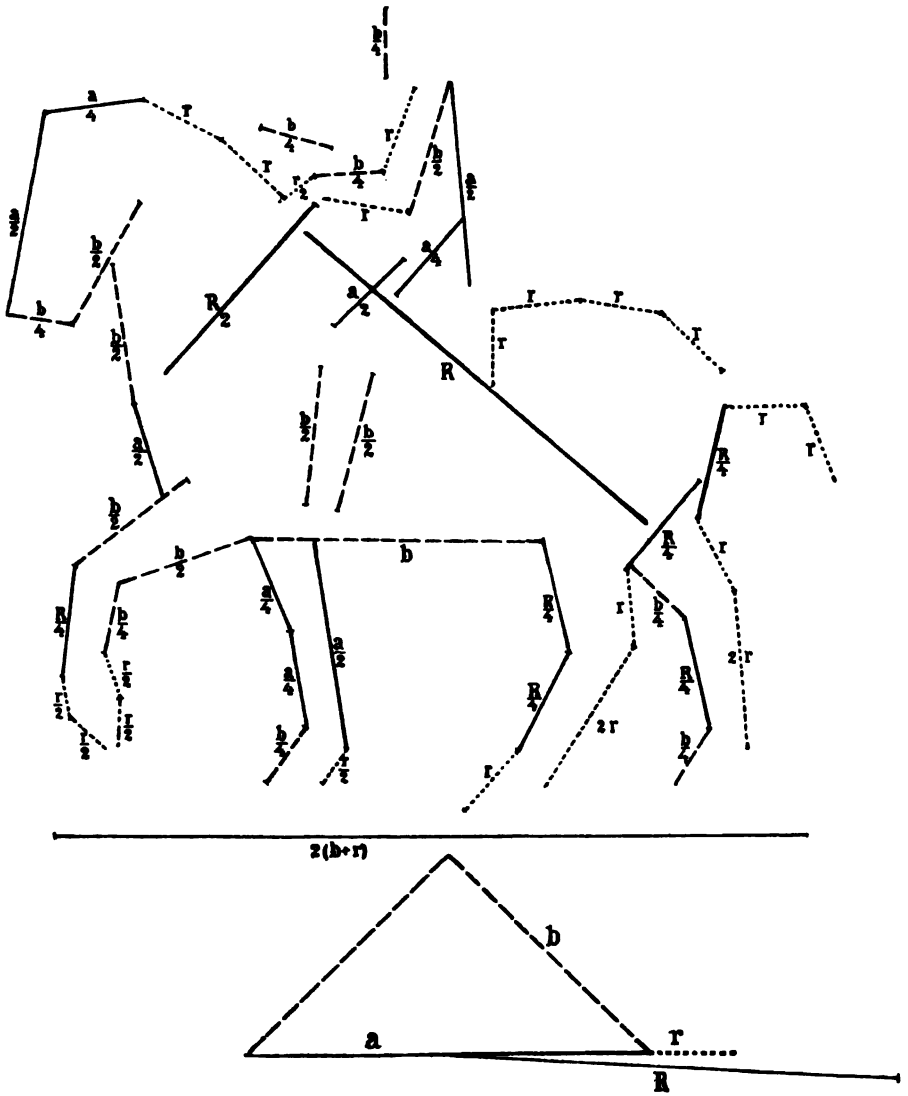
Abbild. 127.

Denkmal des Gattamelata in Padua von Donatello.

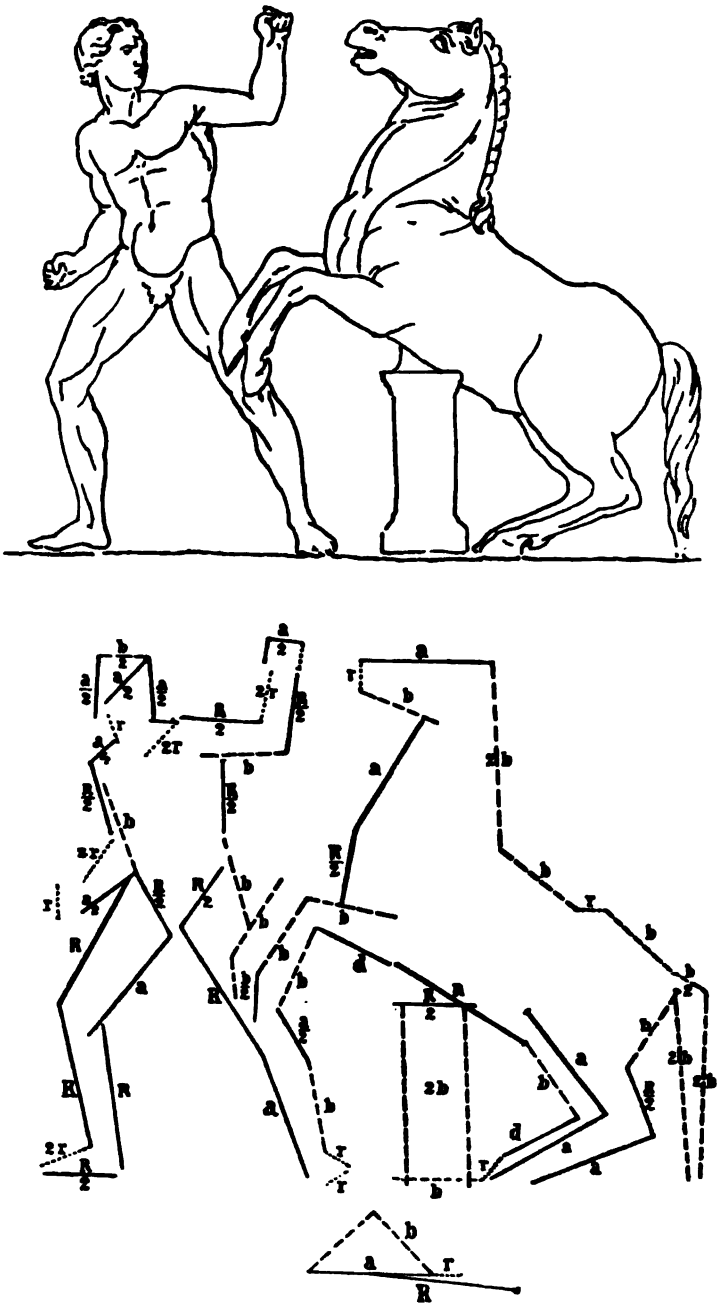
die Höhe des Reiters mit $2\,b$ und weiters völlig harmonische Verhältnisse der Teile.

In dem Roßbändiger, Abbild. 128, gegenwärtig in Rom vor dem Quirinal aufgestellt, ist der Lenker im Verhältnis zum Pferde zu klein, aber merkwürdigerweise sind die Proportionen auf dasselbe

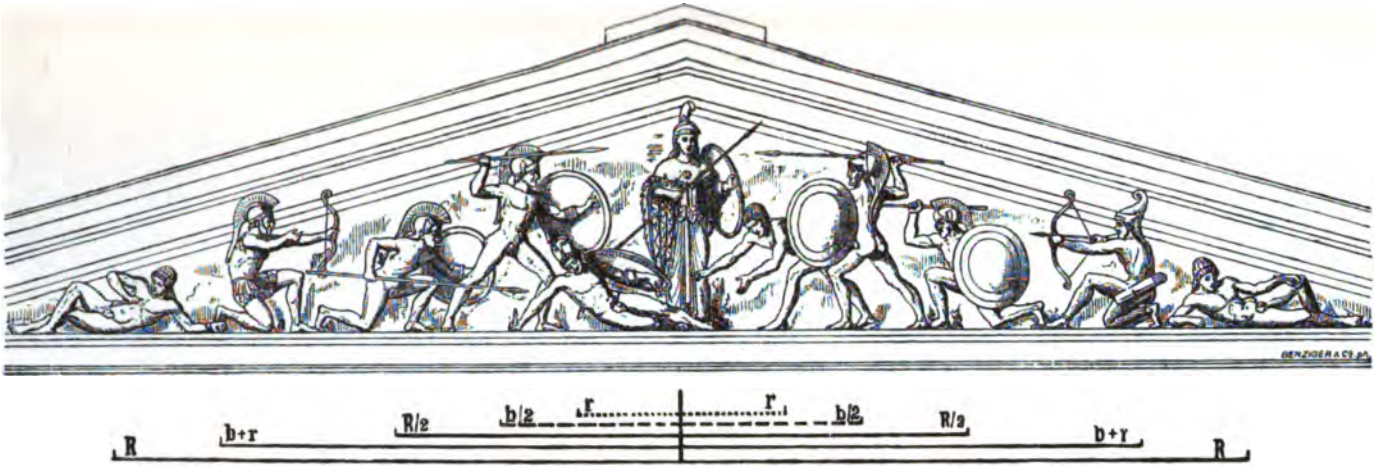
harmonische Dreieck zurückzuführen. Die Höhe des Lenkers als Hauptfigur mit 2 *R* angenommen, ergibt eine Kopflänge des Pferdes von $\frac{a}{2}$. Der Einfachheit halber sind alle Maße mit zwei multipliziert.



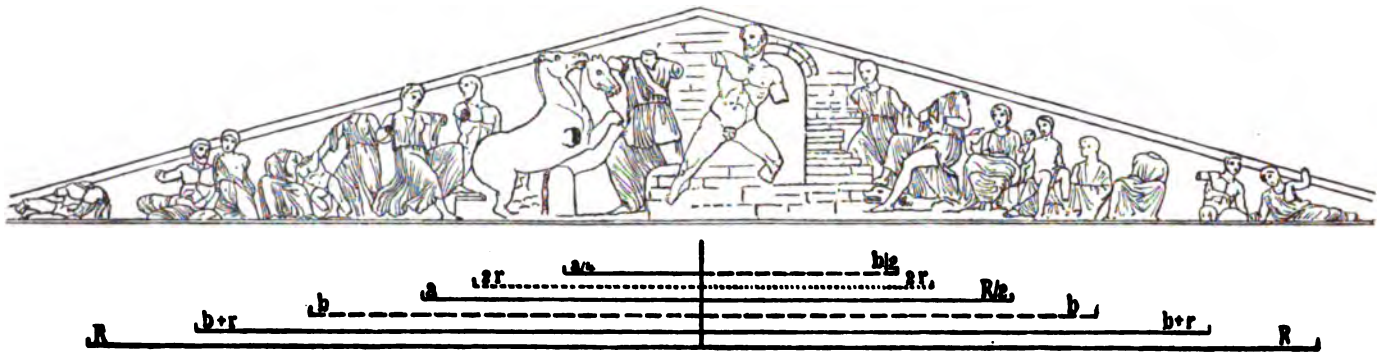
Abbild. 127. Denkmal des Gattamelata in Padua von Donatello.
Nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 128. Einer der Rossebändiger. Rom, Quirinal. Nach dem harm. Dreieck.



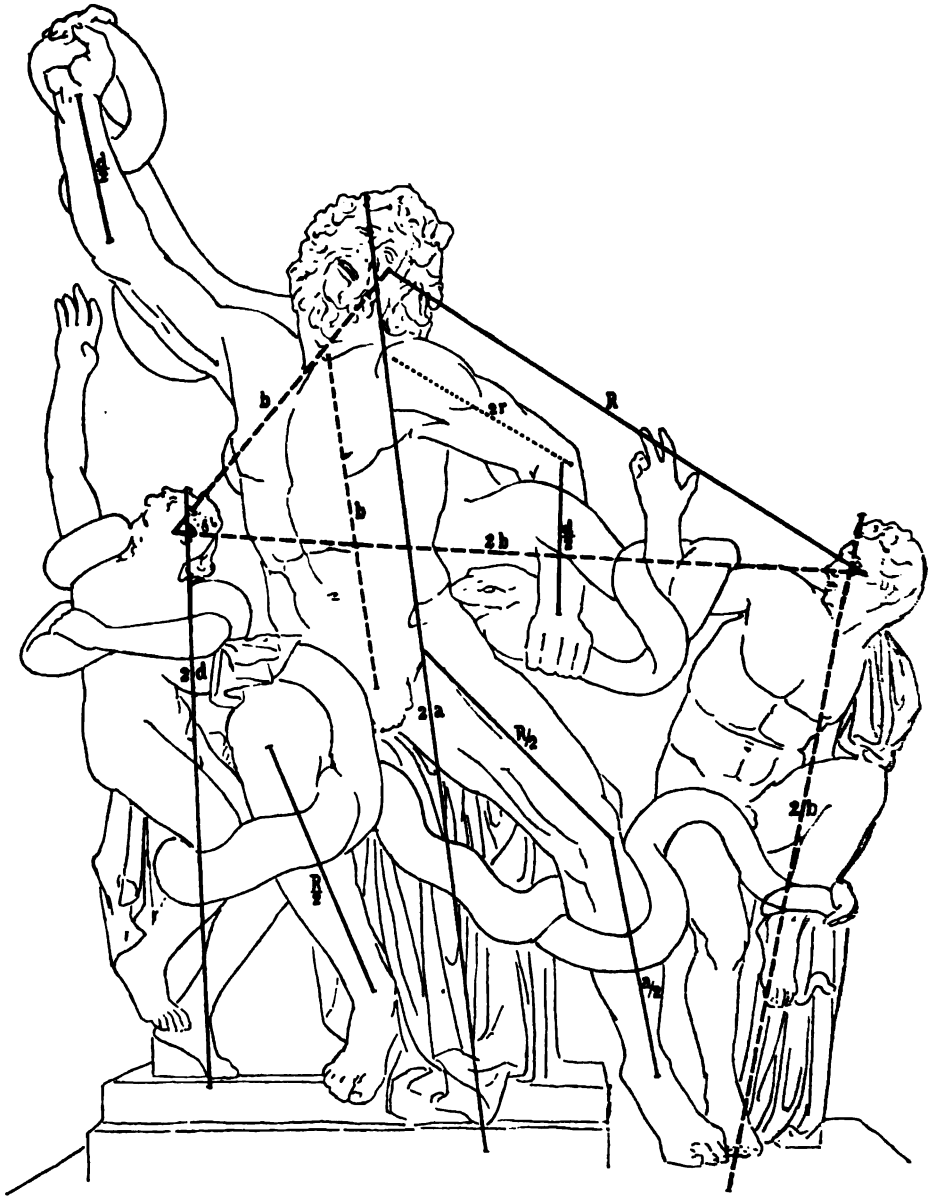
Abbild. 129. Anordnung im westlichen Giebel vom Tempel aut Aegina.



Abbild. 130. Anordnung im westlichen Giebel vom Parthenon.

2. Die Gruppe

setzt einzelne Gestalten in gegenseitigen Verkehr zur Darstellung von Vorgängen und Handlungen. Abgesehen von der Harmonie der ein-



Abbild. 131. Anordnung der Laokoongruppe nach dem harm. Dreieck.

zelnen Figuren kommt vor allem die Anordnung der Figuren zueinander in Betracht. Meist gruppieren sich die Personen um einen Mittelpunkt. Die Griechen hatten die Giebelfelder ihrer Tempel mit plastischen Kunstwerken ausgefüllt. In den ältesten, wie z. B. auf Giebeln von Ägina (Abbild. 129) sind die Figuren völlig symmetrisch und strenge der architektonischen Symmetrie folgend aufgestellt, sie halten sich das Gleichgewicht. Im Giebel des Parthenon (Abbild. 130) ist schon mehr Leben in den Figuren, die Anordnung ist keine symmetrische, sondern eine freie und zugleich harmonische, wie bei Bildern.

Leider ist der Giebel nicht mehr vollständig erhalten, sondern nur eine Zeichnung hievon, die 1674 der Maler Jacques Carrey anfertigte.

Der in der Literatur (Lessing) vielbesprochene Laokoon (Abbild. 131) ist nur für die Vorderansicht berechnet. Der Vater ist überragend und zu groß im Verhältnis zu den beiden Söhnen. Der Vater, Größe der Mittelfigur, mit $2a$ — eigentlich $2R$ in aufrechter Stellung — angenommen, ergibt eine Höhe der Seitenfiguren von $2b$, respektive $2d$. Die Entfernung der Köpfe voneinander sind R, b und $2b$, so daß die Anordnung eine harmonische ist.

3. Das Relief oder Flachbild

als dritte Art der hohen Plastik nähert sich sehr der Malerei. Die Figuren treten nur teilweise aus dem Hintergrund, so daß im Relief wie in der Malerei freischwebende und fallende Körper dargestellt werden können. Daher ist das Relief zur Schilderung gesteigerter Bewegung und Handlung geeignet. Im Vergleich zur Gruppe, die aus technischen Gründen eine beschränkte Anzahl von Figuren zuläßt, ist im Flachbild leicht eine größere Zahl darstellbar.

Das Relief hat mit der Malerei die Linienführung und das Auftreten der Parallelen gemeinsam.

C. Malerei.

Wenn in der Architektur Gebundenheit und Symmetrie, strenge Gesetzmäßigkeit und Regelmäßigkeit, Zirkel und Lineal herrscht, so sind der Malerei Mannigfaltigkeit, freie und bewegte, mehr oder weniger zufällige Bildungen und Formen eigen. Das Gesetz der Schwere, dem Bauten und Statuen unterliegen, ist im Bilde aufgehoben. Der

Maler hat zwar der Wirklichkeit zu folgen, er kann aber auch schwebende Figuren darstellen. Die Plastik gibt den Dingen volle Körperlichkeit, die Malerei stellt sie dar, wie sie scheinen.

Bei der Besprechung der Werke der Malerei wird wie bei der Plastik wegen der Fülle des Materials nicht der geschichtliche Weg eingeschlagen, wie in der Architektur, sondern es werden nur an einigen Bildern die richtigen Verhältnisse, die Harmonie in dieser Kunst zu zeigen versucht. Die Untersuchung hat sich vor allem auf die beiden Mittel, über die der Maler verfügt, zu erstrecken, auf die Linie und Farbe. Dazu kommt noch die Verteilung und Gruppierung der Dinge und als etwas scheinbar Unwichtiges das Format der Bilder.

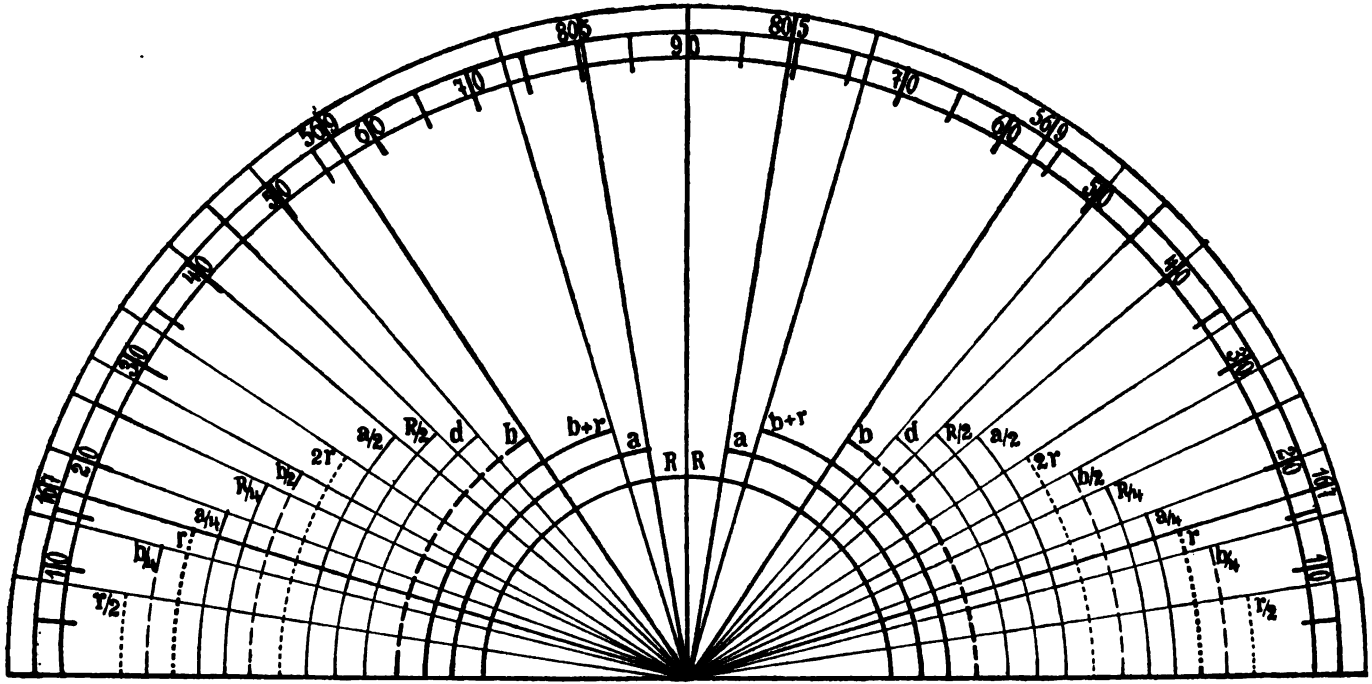
1. Die Linie.

Wo Linie und Farbe harmonisch verbunden sind, ist die beste Leistung möglich. Bei der Ausführung eines Bildes beginnt der Künstler mit der Zeichnung oder mit der Linie, durch welche die Umrisse, die erste Stufe der Entwicklung, bestimmt werden. Sind auch diese Umrißlinien nicht immer gerade, lassen sie sich doch auf gerade zurückführen. In den Tafeln XXVII bis XXXVIII sind die Umrißlinien mit dem harmonischen Maße a, b, R, r angegeben. Es ist nicht schwer, bei den bedeutendsten Bildern großer Künstler die Umrißlinien auf die harmonischen Maße zurückzuführen, wenn sie auch abgerundet, durch das Leben geschwellt, sind. Je einfacher die Maßverhältnisse sind, desto schöner sind sie.

Besonders klar treten die harmonischen Verhältnisse in den Bildern der Hochrenaissance (Michelangelo, Raffael Santi) hervor, während im Barocco sehr viele kleinere harmonische Maße auftreten, so daß sie fast den Eindruck eines Liniengewirres hervorrufen. Es ist überflüssig, auf die Besprechung der Harmonie weiter einzugehen, es sei nur auf die Tafeln XXVII—XXXVIII verwiesen. In der Regel ergibt sich das harmonische Dreieck aus dem Format, bisweilen ist eine Verkleinerung um die Hälfte oder ein Drittel zur einfacheren Darstellung notwendig.

a) Die Richtung oder Neigung der Linien (Abbild. 132).

In der Baukunst spielen die Vertikale und Horizontale die Hauptrolle, in der Malerei sind sie gleichwertig mit anderen. Sind die Neigungen der Linie planlos oder sind bestimmte Richtungen bevor-



Abbild. 132. Die harmonischen Winkel.

zugt? Betrachtet man ein Bild mit wenig Linien, wie Mona Lisa von Leonardo da Vinci (Tafel XXVII), so sind verhältnismäßig wenige Richtungen. Die Richtungen werden bestimmt durch den Winkel, welchen sie mit der Horizontalen bilden. Nimmt man den Winkel der Vertikalen mit R an ($R = 90°$), so ist der Winkel $a = 80{\cdot}50°$, $b = 56{\cdot}92°$, $r = 16{\cdot}67°$. Zwei Linien, deren Neigungswinkel zur Horizontalen in harmonischen Verhältnissen stehen, sind in ihren Richtungen harmonisch. In der Mona Lisa sind außer der Horizontalen und Vertikalen nur die Richtungen mit dem Neigungswinkel $\frac{a}{2}$, b, $b + r$, a nach links und $\frac{b}{2}$, b, $b + r$, a nach rechts von der Senkrechten.

Manche Bilder haben eine große Anzahl von Neigungswinkeln der Linie, wie z. B. der «Zinsgroschen» von Tizian oder der «Melonenesser» von Murillo. Wenige haben z. B. die «Sixtinische Madonna» (Tafel XXIX), die «Morgenstunde» (Tafel XXXVIII) von Schwind, die «Beiden Mütter» von Segantini, «Kreuzigung» von van Dyck. Manche Künstler, z. B. Murillo, gebrauchen Linien mit vielen Neigungen, manche wieder wenige, z. B. Raffael, Michelangelo. Es ist jedenfalls ein Charakteristikum für die Werke der Künstler. Auf den Tafeln XXVII–XXXVIII sind die Richtungen der Linien unten angegeben.

b) Parallelität der Linien.

Die Untersuchung über die Richtungen, respektive Neigung der Linien führt zur Beobachtung des Auftretens der parallelen Linien im Bilde.[1]) In den bedeutendsten Bildern ist keine Linie, die nicht mindestens eine gleichgerichtete, eine Parallele, hätte. Die Wiederholung derselben Richtung wird vom Auge als schön empfunden. In der Baukunst sind die Parallelen in den Vertikalen und Horizontalen kräftig hervorgehoben — in den Giebeln werden sie durch die Parallelen des Gesimses verstärkt, die Verjüngung der Säule findet die Parallelität außerdem in den geneigten Tür- und Fensterlichten (Ereichtheion, Abbild. 44) — und bringen Stütze und Last deutlich zum Ausdruck. In der Malerei hingegen sollen die Parallelen unauffällig sein, sonst wirken sie steif und unschön. In den Gemälden der alten Ägypter sind die Parallelen auffallend dadurch, daß dieselben Organe immer gleichgerichtet sind. Besonders deutlich, doch nicht auffallend, sind die Parallelen in den Figuren zur Rechten und

[1]) Man vergleiche hiermit die Neigung der Bahnen der Planeten (S. 29) und die Neigung der Dächer (Parthenon) in der Baukunst (S. 127, 129).

Linken der cumäischen Sibylle. Parallel sind rechter Oberarm und linker Oberschenkel, linker Unterschenkel und rechter Oberschenkel. Durch die Verteilung auf ungleiche Teile der Gliedmaßen und dadurch, daß Parallelen durch andersgerichtete getrennt sind, werden sie unauffällig. Die Bilder der Decke der Sixtinischen Kapelle sind vom Gesichtspunkte der Parallellinien von besonderem Interesse. Die Richtungen der Eckfiguren finden sich in den eingeschlossenen und angrenzenden Bildern wieder; daher auch Übereinstimmung und Zusammengehörigkeit aller Bilder. Die kräftige Linienführung verrät in Michelangelo auch den Architekten und Bildhauer. Von neueren Künstlern verdient besonders Egger-Lienz wegen der Betonung der parallelen Linien hervorgehoben zu werden.

In den Landschaftsbildern sind die Parallelen recht deutlich, zumal ja auch die Natur in den Gebirgen, entsprechend dem Aufbau des gleichen Gesteines, Parallele bildet. Die Neigung des Gebirgsrückens wiederholt sich in der Landschaft immer wieder.

2. Die Farbe.

Die Farbe ist das zweite Mittel, über welches die Malerei verfügt. Wird nur eine Farbe bei einem Bilde verwendet, so hat sie als solche ebensowenig Wirkung wie eine einzelne Linie oder ein einzelner Baustein. Erst in Verbindung mit zwei oder mehreren kann sie Wohlgefallen erregen. Es fragt sich: Ist unter den Farben eine ähnliche Harmonie vorhanden wie unter den Linien? Bei letzteren ist die Harmonie verhältnismäßig leicht, da man auf einfache Weise ihre Längen messen und vergleichen kann. Anders bei den Farben. Hier ist der Maßstab kompliziert und ohne besondere Hilfsmittel nicht zu finden. Das Auge findet die Harmonie ebenso leicht wie die Linie, beide ohne Hilfsmittel. Das Schönheitsgefühl ist der richtige Wegweiser.

Doch muß die Harmonie der Farben ebenso zahlenmäßig darstellbar sein wie die der Linien. Die Handhabe bieten die Schwingungszahlen und die Wellenlängen der Farben. Bekanntlich kann das aus Wellen verschiedener Länge zusammengesetzte Sonnenlicht durch ein Glasprisma in seine Teile zerlegt werden. Ein Bündel Sonnenstrahlen, das durch ein Glasprisma hindurchgegangen ist, erscheint als ein Farbenband von Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett, das sogenannte Spektrum. Die Wellenlängen des sichtbaren Teiles des Sonnenspektrums schwanken von ungefähr 380—760 Milliontelmillimeter, die Schwingungszahlen von ungefähr 400—800 Billionen Schwin-

gungen in der Sekunde. Zwischen den einzelnen Farben bestehen keine festen Grenzen; sie gehen ineinander über.

Wegen der allmählichen Übergänge ist es auch unmöglich, den einzelnen Farben im Spektrum eine bestimmte Breite anzuweisen. Um die Stelle und Verteilung der Farben so weit als möglich zu bezeichnen, werden die Wellenlängen der den Fraunhoferschen [1]) entsprechenden Farbentöne angeführt. Sie sind aber nur Anhaltspunkte über die Verteilung der Farben.

Linie	Wellenlängen der Linien in Millionstel-Millimeter	Farbe
A	760	Äußerstes Rot
B	686	Rot
C	656	Grenze des Rot und Orange
D	589	Goldgelb
E	526	Grün
F	486	Cyanblau
G	430	Grenze des Indigo und Violett
H	396	Violett
L	381	ungefähre Grenze des Violett

Nachfolgende Tabelle [2]) gibt die Abgrenzung der Farbenbezirke an:

Rot	688·1	Linie B = 687·8
	622·0 [3])	» C = 655·6
Orange . .		» D = 588·8
	588·6	
Gelb . . .		
	537·7	» E = 526·5
Grün . . .		
	486·1	

[1]) Das Sonnenspektrum ist von einer Anzahl mehr oder minder kräftiger und breiter dunkler Linien durchzogen, welche nach ihrem Entdecker die Fraunhoferschen Linien heißen.

[2]) Nach Drobisch, Abhandlung der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, Bd. II, 1852.

[3]) Nach Helmholtz ist die Grenze bei 656.

Mona Lisa von L. da Vinci. Paris.

Madonna della sedia von Raffael. Florenz.

UNIV OF MICH.

Die sixtinische Madonna von Raffael. Dresden.

Der Zinsgroschen von Tizian. Dresden.

Lavinia von Tizian. Berlin.

S. Johannes und Petrus

S. Paulus und Markus

von A. Dürer. München.

H. Holzschuher von A. Dürer. Berlin.

UNIV. OF MICH.

Kreuzigung von Van Dyck. Venedig.

Die Anatomiestunde von Rembrandt. Haag.

UNIV. OF MICH.

Die Melonenesser von Murillo. München.

Die beiden Mütter von G. Segantini.

UNIV OF MICH

Die Morgenstunde von M. v. Schwind. München.

UNIV. OF N. C.

Blau	446·2	Linie F = 485·6
Indigo . .	420·1	» G = 429·6
Violett . .	379·8	» H = 396·3

Da innerhalb der angegebenen Grenzen alle Strahlen einen nahezu gleichen Eindruck hervorbringen, so ist die Feststellung genauer Verhältnisse zueinander, wie z. B. bei den Tönen, nicht möglich. Es soll aber doch versucht werden, ob annähernde Mittelwerte der Wellenlängen und Schwingungszahlen der viel gesehenen Zusammenstellungen der Farben wie Rot, Grün oder Rot, Grünblau, Rot, Indigoblau oder Rotgelb und anderer in harmonischen Verhältnissen stehen.

Es verhalten sich die Wellenlängen folgender Farben wie:

Farben	Wellenlänge
a : b	
Rot : Cyanblau	686 : 484
Orange : Indigo	610 : 431
Gelb : Violett	560 : 395
R : b	
Rot : Indigo	686 : 433·8
Orange : Violett	610 : 385
2b : R	
Rot : Grün	654 : 518
Orange : Cyanblau	612 : 484
Gelb : Indigo	545 : 431
Cyanblau, mehr gegen Grün : Violett . .	498 : 395
R : (b + r)	
Rot : Gelb	686 : 560
Orange : Grün	610 : 498
Gelb : Cyanblau	560 : 468
Grün : Indigo	518 : 421
Cyanblau : Violett	484 : 396
2a : R	
Rot : Violett	686 : 383

Die Schwingungszahlen schwanken von 400—800 Billionen Schwingungen per Sekunde.

Rot	erstreckt	sich	von	400—470	Schwingungen,	im	Mittel	435
Orange	»	»	»	470—520	»	»	»	495
Gelb	»	»	»	520—590	»	»	»	555
Grün	»	»	»	590—650	»	»	»	620
Cyanblau	»	»	»	650—700	»	»	»	675
Indigoblau	»	»	»	700—760	»	»	»	730
Violett	»	»	»	760—800	»	»	»	780

Auch hier lassen sich wie bei den Wellenlängen ähnliche harmonische Verhältnisse feststellen, wenn man annähernd die mittlere Schwingungszahl der Farbenbezirke verwendet, doch nicht in solchem Grade als bei der Wellenlänge.

Die Schwingungszahlen folgender Farben verhalten sich wie:

$a:b$	Farben	Schwingungszahlen
	Cyanblau : Rot	660 : 462
	Indigo : Orange	730 : 511
	Violett : Gelb	780 : 546
$R:b$		
	Indigo : Rot	730 : 461
	Violett : Orange	780 : 493
$2b:R$		
	Gelb : Rot	550 : 435
	Grün : Orange	626 : 495
	Zwischen Indigo und Cyanblau : Gelb . . .	702 : 555
	Violett : Grün	784 : 620
$R:(b+r)$		
	Cyanblau : Gelb	675 : 550
	Indigo : Gelbgrün	730 : 606
	Violett : Cyanblau	780 : 638
$2a:R$		
	Violett : Rot	780 : 436

Die einfachen Farben stehen untereinander im harmonischen Verhältnisse, wenn man die Wellenlänge oder Schwingungszahlen untereinander vergleicht. Da Wellenlänge und Schwingungszahlen in umgekehrten Verhältnissen stehen, so kommt dies auch hierbei zum Ausdruck, daher z. B. Rot : Indigo nach den Wellenlängen im Verhältnis $R:b$, nach den Schwingungszahlen im Verhältnis $b:R$ stehen.

Treffen mehrere einfache Farben an einer Stelle der Netzhaut gleichzeitig zusammen, so entstehen neue Arten von Farbenempfindungen. Der Eindruck ist ein einheitlicher, die Bestandteile lassen sich nicht erkennen. Dieselbe Mischfarbe kann auch durch mehrere Arten der Zusammensetzung verschiedener Spektralfarben hervorgebracht werden. So geben Rot und Violett Purpur, Orange und Indigo Weiß-Rosa, Gelb und Weiß ebenfalls Weiß-Rosa. Weiß entsteht durch Mischung aller Spektralfarben, ebenso auch durch Mischung von Rot und Grünlichblau, Orange und Cyanblau, Gelb und Indigo, Grünlichgelb und Violett. Zwei Farben, die zusammen Weiß geben, werden Komplementärfarben genannt.

Die folgende Tabelle, die Mischfarbentabelle von Helmholtz, zeigt die Ergebnisse übersichtlich. An der Spitze der vertikalen und horizontalen Reihe stehen die einfachen Farben, wo sich die betreffenden Reihen schneiden, ist die Mischfarbe angegeben.

	Violett	Indigo-blau	Cyanblau	Blaugrün	Grün	Grün-gelb	Gelb
Rot	Purpur	Dk.-Rosa	Wß.-Rosa	Weiß	Wß.-Gelb	Goldgelb	Orange
Orange	Dk.-Rosa	Wß.-Rosa	Weiß	Wß.-Gelb	Gelb	Gelb	
Gelb	Wß.-Rosa	Weiß	Wß.-Grün	Wß.-Grün	Grüngelb		
Grüngelb	Weiß	Wß.-Grün	Wß.-Grün	Grün			
Grün	Wß.-Blau	Wasser-blau	Blaugrün				
Blaugrün	Wasser-blau	Wasser-blau					
Cyanblau	Indigo-blau						

Dk. = Dunkel. Wß. = Weißlich.

Durch Mischung von mehr als zwei Spektralfarben oder von Mischfarben entstehen keine neuen Farben mehr, sondern nur weniger gesättigte Stufen der angeführten. Gewöhnlich werden die mehr oder weniger lichtstarken Abstufungen mit eigenen Namen belegt, ein lichtschwaches Weiß heißt Grau, ein lichtschwaches Gelb Braun. Es hängt daher jeder Farbenton ab von der Wellenlänge des Farbentones, der Menge oder Sättigung des Farbentones, der Menge des zugemischten weißen Lichtes und von der Intensität des Lichtes.

Kein Körper der Erde hat eigene Farben, er absorbiert eine Anzahl der Spektralfarben und sendet die anderen ins menschliche Auge. Ein Körper, der kein Licht zurückwirft, heißt schwarz, ein Körper, der alles auffallende Licht diffus zurückwirft, heißt weiß, ein Körper, der von allem auffallenden Licht einen gleichen Bruchteil zurückwirft, ist grau, und einer, der Licht gewisser Wellenlängen in stärkerem Verhältnis als das andere zurückwirft, ist farbig. Lichtschwache gesättigte Farben unterscheidet man durch die Bezeichnung dunkel, wie dunkelgrün, dunkelrot; lichtschwache weißliche Farben erhalten die Bezeichnung rotbraun (rot), braun (gelb), olivengrün (grün).

Welche Mischfarben die oben angeführten harmonischen Farben geben, ist aus folgender Tabelle zu ersehen. Unterhalb zweier Farben ist immer die Mischfarbe gesetzt.

$R:(b+r)$ $\sqrt{5}:2\sqrt{2}-1$	$2b:R$ $\sqrt{2}:\frac{\sqrt{5}}{2}$	$a:b$ $1:\frac{\sqrt{2}}{2}$	$R:b$ $\sqrt{5}:\sqrt{2}$	$2a:R$ $2:\frac{\sqrt{5}}{2}$
Rot | Gelb Orange	Rot | Grün Wß.-Gelb	Rot | Cyanblau Wß.-Rosa	Rot | Indigo Dk.-Rosa	Rot | Violett Purpur
Orange | Grün Gelb	Orange | Cyanblau Wß.-Gelb	Orange | Indigo Wß.-Rosa	Orange | Violett Dk.-Rosa	
Gelb | Cyanblau Grün	Gelb | Indigo Weiß	Gelb | Violett Wß.-Rosa		
Grün | Indigo Wasserblau	Grün, mehr gegen Cyanblau | Violett Weißblau			
Cyanblau | Violett Wasserblau				

Dk. = Dunkel. Wß. = Weißlich.

Die Bilder bedeutender Künstler sind der Prüfstein, ob die drei dargelegten harmonischen Verhältnisse eine Berechtigung haben, oder ob sie künstlich konstruiert wurden.

Folgende Farbendreiklänge mit ihren Mischfarben sind gebräuchlich:

$2b : R : b+r$

Rot — Grün — Indigoblau

Weißlichgelb — Wasserblau

Dunkelrosa

$2b : R : b+r$

Orange — Cyanblau — Violett

Weißlichgelb — Wasserblau

Dunkelrosa

$R : b+r : b$

Rot — Gelb — Indigoblau

Orange — Weißlichrosa

Dunkelrosa

$R : b+r : b$

Orange — Grün — Violett

Gelb — Weißblau

Dunkelrosa

$a : b : \frac{R}{2}$

Rot — Grün — Violett

Weißlichgelb — Weißblau

Purpur

In der Sixtinischen Madonna von Raffael z. B. sind die auffallendsten Farben Rot, Gelb, Indigo, Rosa, Weiß.

Die Wellenlängen der einfachen Farben Rot, Gelb, Indigo verhalten sich wie $R : b+r : b$. Rot und Indigo gibt Dunkelrosa, Gelb und Indigo Weiß. Eine vierte einfache Farbe ist Grün, die aber vornehmlich außerhalb der Darstellung, nämlich beim Vorhange, in Anwendung kommt. Sie kehrt in der Bekleidung der heil. Barbara wieder, wo auch die fünfte einfache Farbe, Violett, vorkommt.

Folgende Zusammenstellung gibt die Verhältnisse der Wellenlänge der einfachen Farben und die aus zwei einfachen Farben entstehenden zusammengesetzten Farben. Die auf dem Bilde nicht vorhandenen Mischfarben sind in der Klammer gesetzt.

$R : b+r : b$

Rot — Gelb — Indigo

[Orange] [1]) — Weiß

Dunkelrosa

$2b : R$

Grün — Violett [2])

Weißblau

$2b : R : b$

Rot — Grün — Indigo

Weißlichgelb — Wasserblau

$a : b$

Gelb : Violett

Weißlichrosa

$2a : R$

Rot : Violett

(Purpur)

Die einfachen Farben stehen durchwegs in harmonischen Verhältnissen. Bemerkenswert ist, daß die vorkommenden Mischfarben hervorgehen aus den vier verwendeten einfachen Farben Rot, Gelb, Grün, Indigo.

Diese Erscheinung der Beziehungen der auf einem Bilde vorkommenden Mischfarben zu den einfachen Farben scheint in der Malerei durchwegs Regel zu sein. Das Nebeneinander zweier Farben und die Mischung dieser zwei bewirkt Wohlgefallen und gehört zu den Elementen der Schönheit in der Malerei.[3])

---

[1]) Manche Stellen des Mantels des Sixtus grenzen an Orange.

[2]) Violett spielt eine ganz untergeordnete Rolle.

[3]) Inwieweit dies zutrifft, mögen noch einige Beispiele, behandelt nach dem Muster der Sixtinischen Madonna, geben.

Holbein d. J., Madonna des Bürgermeisters Meyer:

$R : b : b+r$

Rot — Dunkelindigo — Gelb

Dunkelrosa fehlt — Weiß

Orange.

Murillo, Die unbefleckte Empfängnis:

$a : b$

Orange : Indigo

Weißlichrosa

$R : b$

Rot : Indigo

Dunkelrosa fehlt.

$2b : R$

Gelb : Indigo

Weiß

3. Die Gruppierung oder Anordnung der Personen und Gegenstände.

Wenn auch das Charakteristische des Malerischen nicht berechnete strenge Gesetzmäßigkeit, nicht Regelmäßigkeit und Symmetrie, sondern Freies und Bewegtes, zufällig Gewordenes ist, so sind doch die Personen und Gegenstände nicht planlos im Bilde angeordnet. Im allgemeinen wird gefordert, daß die Hauptpersonen und die Haupthandlung möglichst klar und bestimmt hervortreten, daß einzelne Personen zu Gruppen vereinigt werden, doch gibt es keine Regeln über die Gruppierung oder Anordnung. Wie kommt es nun, daß in den Bildern bedeutender Künstler die Anordnung der Personen und Gegenstände schön wirkt? Der große Künstler trifft auch hier das Richtige, daß es schön erscheint. Bei der großen Anzahl von Bildern und der großen Verschiedenheit des Dargestellten ist sie eine überaus mannigfache. Einige Beispiele mögen Einblick in die Harmonie der Anordnung im Bilde geben.

Beim Porträt ist die Anordnung einfach. Der Kopf als der Hauptteil rückt in die obere Hälfte des meist rechteckigen, aufrechten Bildes. Der Kopf der Mona Lisa (Abbild. 133) ist vom oberen Bildrande b, von den Seiten je a und vom unteren Bildrande $2a$ entfernt, bezogen auf die Mitte des Kopfes. Der Kopf des Hieronymus Holzschuher von Dürer (Abbild. 134) ist vom oberen Rande a, von den Seitenrändern R und vom unteren Rande $2a$ entfernt. Das Format $a : b$ wird zur einfacheren Darstellung des Kopfes mit $3a : 3b$ angenommen. Beide Bilder zeigen auch die Übereinstimmung der harmonischen Maße in Format, Anordnung und Linie, denen dasselbe harmonische Dreieck zugrundeliegt (vgl. Tafel XXVII).

Beim Gruppenbild wirkt nicht nur die Anordnung der Personen zueinander, sondern auch die Verteilung im vorhandenen Raum der

---

Raffael, Vermählung Marias:

$2b : R : b+r$

Rot — Grün — Indigo

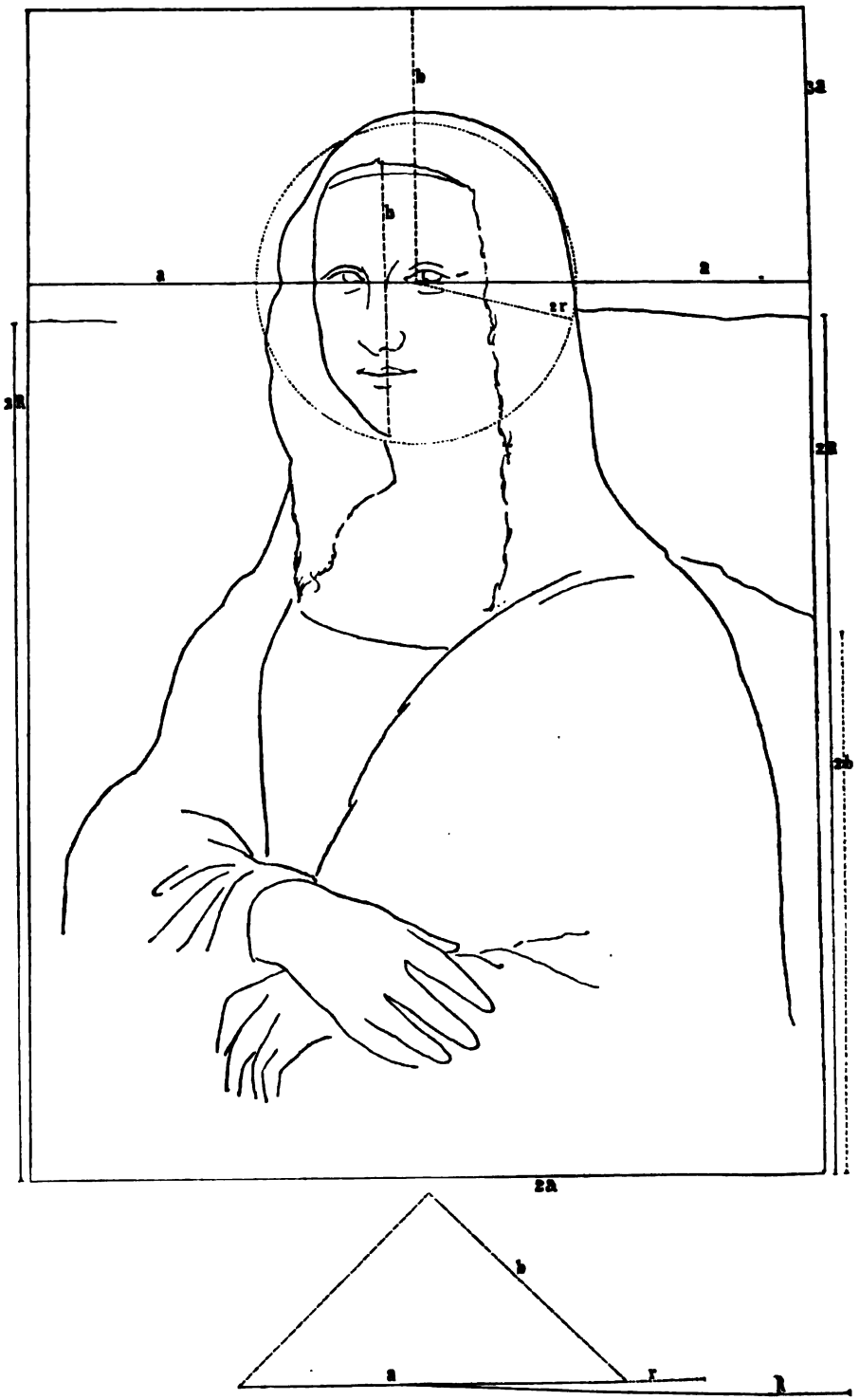
Weißlich-Gelb — Wasserblau

Dunkelrosa

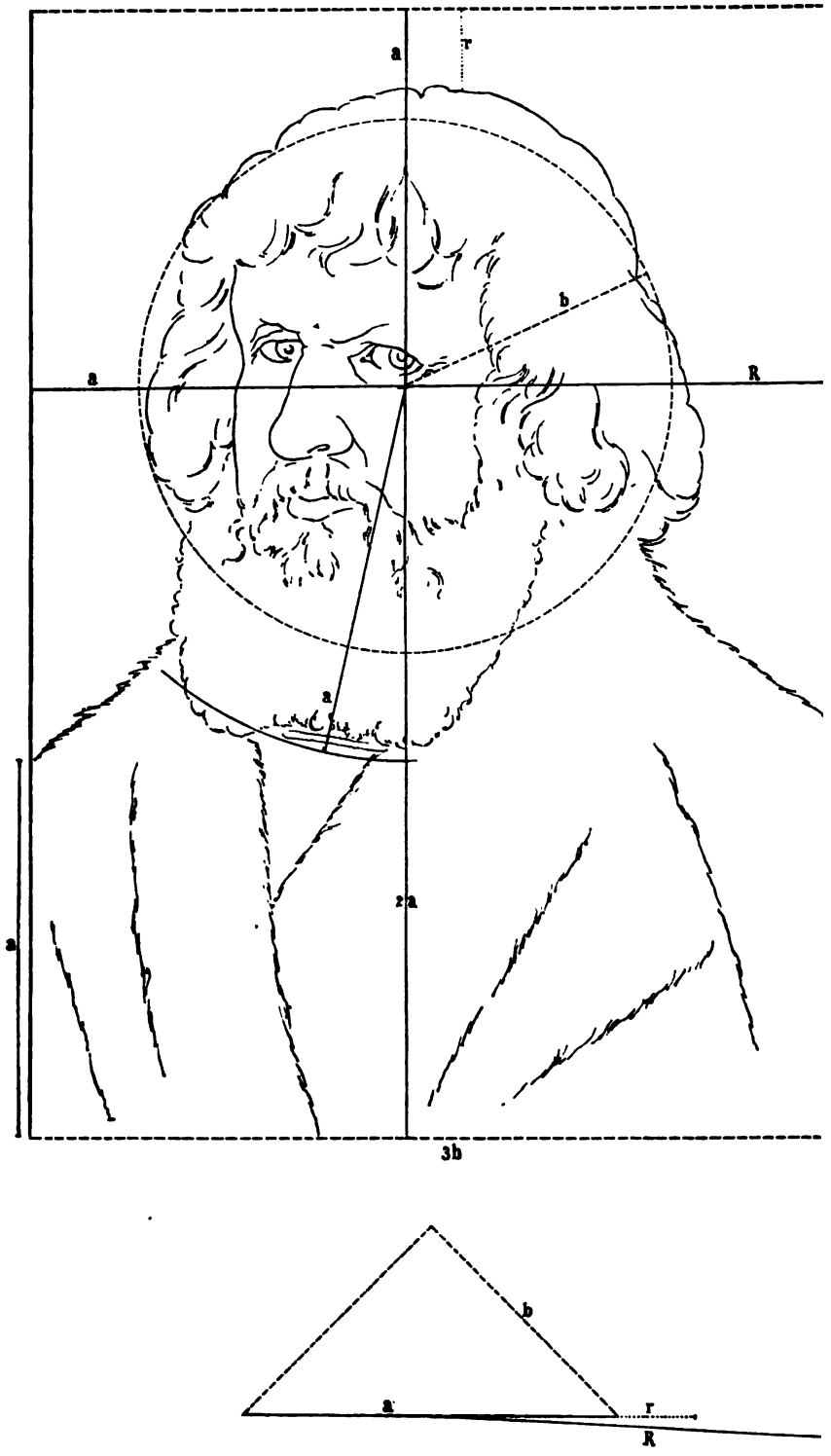
$2b : R$

Grün : Violett

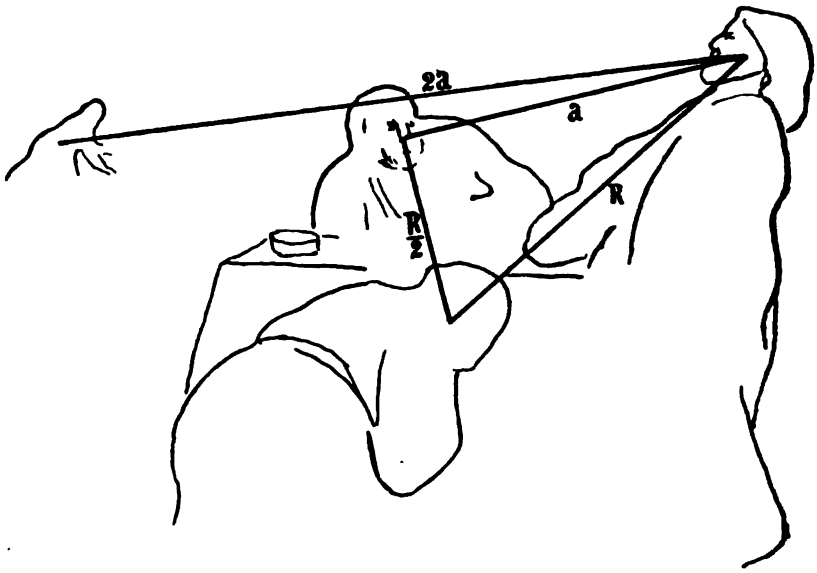
Weißblau



Abbild. 133. Anordnung in «Mona Lisa» von Lionardo da Vinci, nach dem harm. Dreieck.

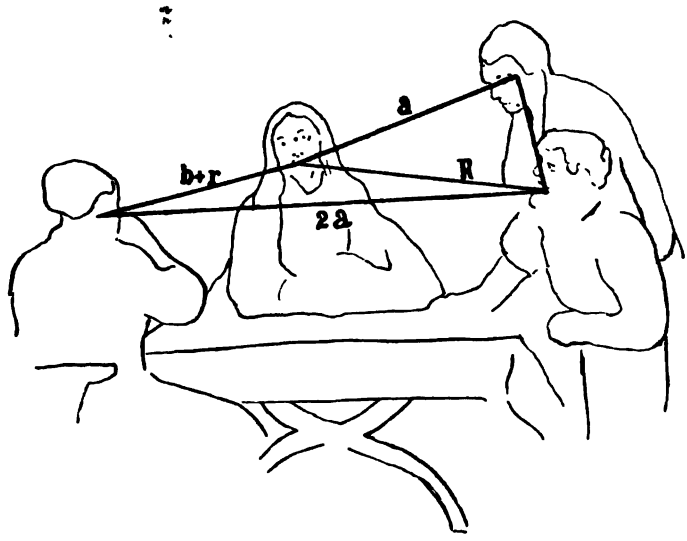


Abbild. 134. Anordnung in Hieronymus Holzschuher von A. Dürer, nach dem harm. Dreieck.



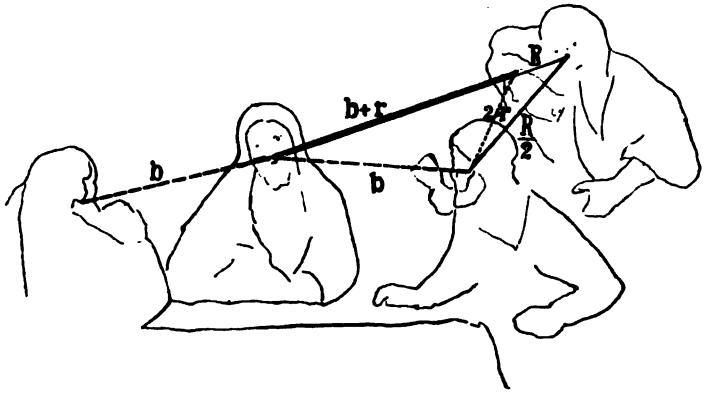
Abbild. 135.

Anordnung von «Christus und die Jünger in Emaus» von Rembrandt (Paris, Madame Jacquemart), nach dem harm. Dreieck.

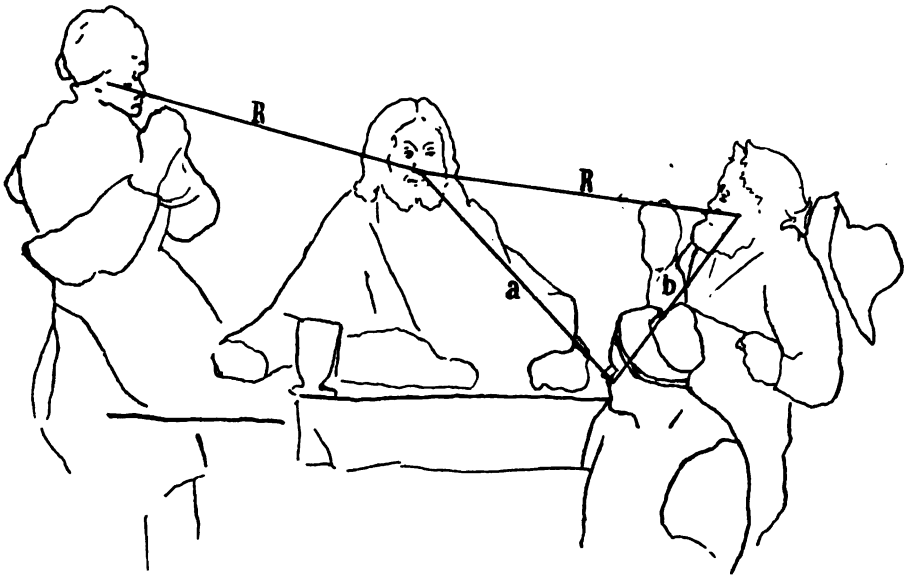


Abbild. 136.

Anordnung in «Christus und die Jünger in Emaus» von Rembrandt (Paris, Louvre), nach dem harm. Dreieck.



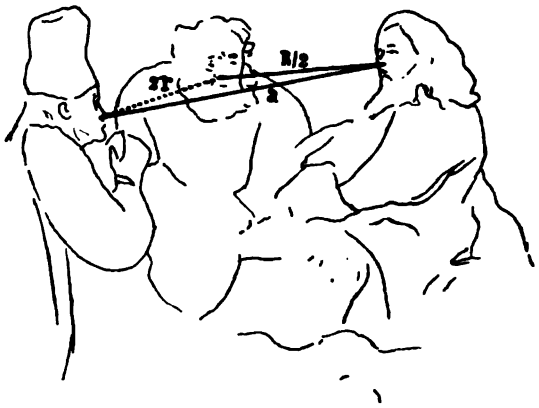
Abbild. 137.
Anordnung in «Christus und die Jünger von Emaus» von Rembrandt (Kopenhagen, kgl. Gemäldegalerie), nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 138. Anordnung in «Christus in Emaus», die große Platte, von Rembrandt, nach dem harm. Dreieck.

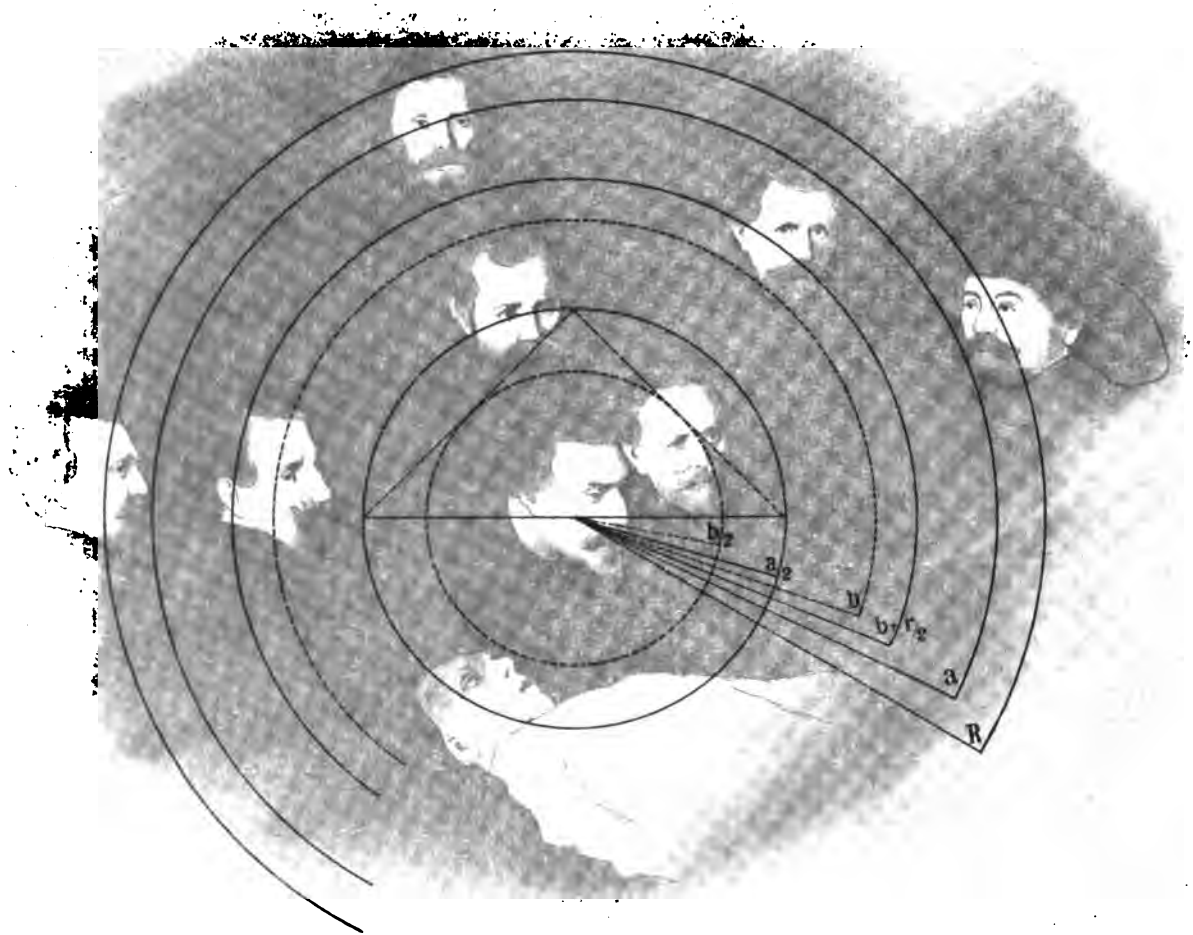
Bildfläche auf den Beschauer. Das Thema «Jünger vor Emaus» wurde von Rembrandt wiederholt behandelt. Die Abbildungen 135—139 sind auch Beispiele, wie im selben Thema die Anordnung wechselt und dabei doch die Entfernung der Personen voneinander im harmonischen Verhältnisse stehen. In Abbildung 135 ist Christus an der Seite,

die Köpfe der beiden Jünger R und a, die Frau beim Herde $2a$ entfernt; in Abbildung 136 ist Christus zwischen den Jüngern, von ihm sind in den Entfernungen R, a, $b + r$ die Jünger angeordnet. Dasselbe ist in Abbildung 137 der Fall, die Entfernungen sind R, b, b, $b + r$. In den beiden Radierungen (Abbild. 138, 139) ist in einer Christus an der Seite, in der anderen wieder in der Mitte. Der Künstler hat in jedem Bilde trotz der verschiedenen Anordnung immer harmonische Maße, und zwar am häufigsten die Verhältnisse $R : a$, weniger häufig b und $b + r$ oder $\frac{R}{2}$ gewählt.

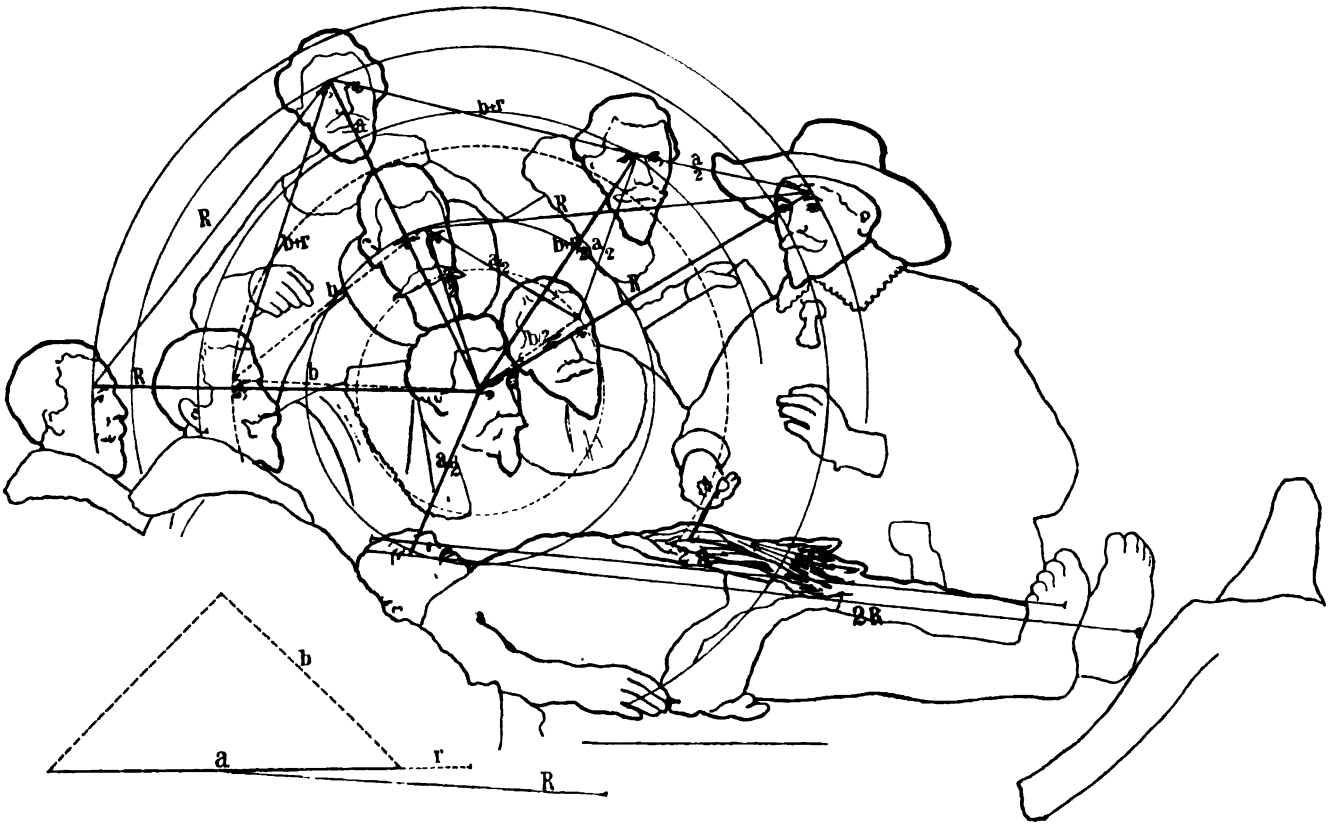


Abbild. 139.
Anordnung in «Christus und die Jünger in Emaus», klein, 1634, von Rembrandt, nach dem harm. Dreieck.

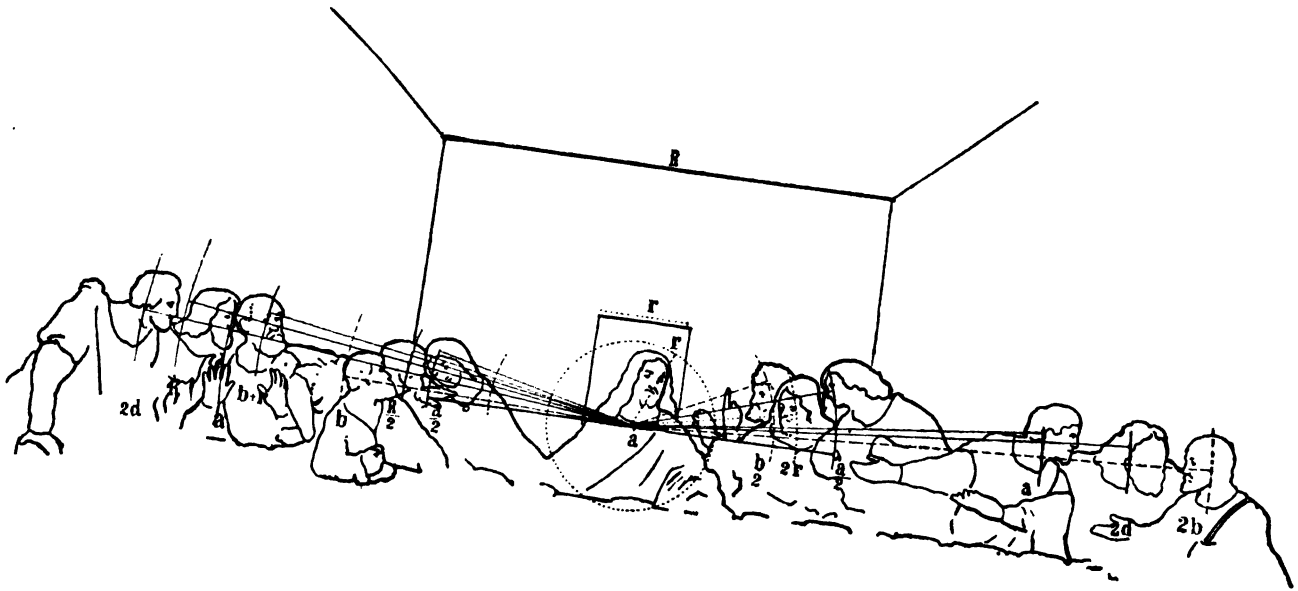
Ein besonders schönes Beispiel für die Harmonie der Anordnung ist die «Anatomiestunde des Professors Nicolas Pieterz Tulp» von Rembrandt (Abbild. 140, 141). Wird der in der Mitte mit lebhaftester Aufmerksamkeit auf den Leichnam blickende Schüler als Mittelpunkt genommen, so sind die aus dem Halbdunkel hervorleuchtenden Köpfe (Abbild. 140), hervorgehoben und betont durch die weißen Halskrausen, in den harmonischen Entfernungen R, a, $b + \frac{r}{2}$, b, $\frac{a}{2}$, $\frac{b}{2}$ angeordnet. Ihre Anordnung ist ähnlich der der Planeten und Kometen im Sonnensystem. Es ist, als ob ihre Entfernungen nachgeahmt würden. Die Köpfe sind aber nicht nur von dem angenommenen Mittelpunkte, sondern auch untereinander (Abbild. 141) in harmonischen Entfernungen. Der Leichnam hat die Länge von $2R$, resp. $2a$ in der Verkürzung.



Abbild. 140. Anordnung in der «Anatomiestunde» von Rembrandt nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 141. Anordnung in der «Anatomiestunde» von Rembrandt, nach dem harm. Dreieck.


R
r
r
2d
b
a
2r
2d
2b

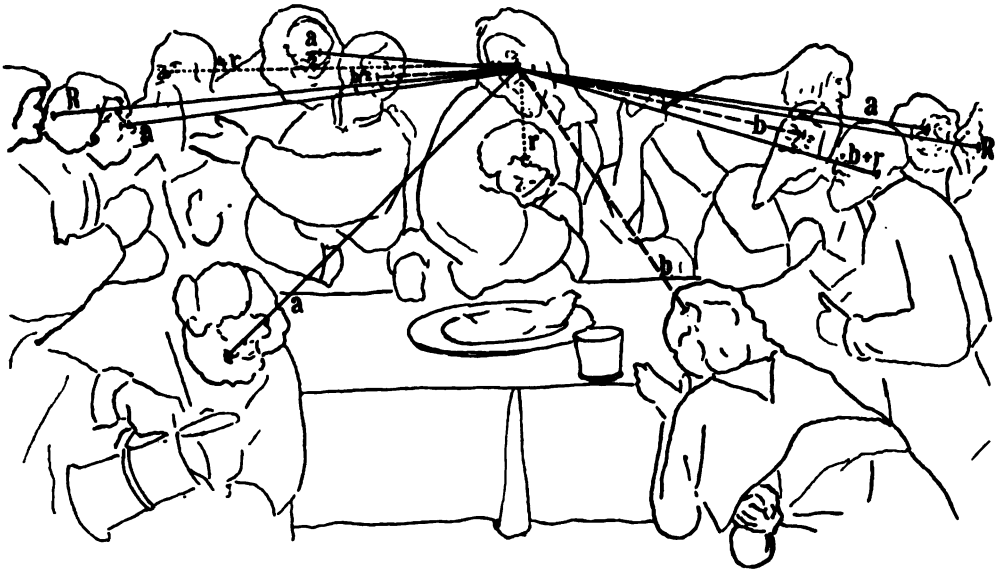
Auch Rembrandts «Die Syndici der Tuchhändler in Amsterdam» weist harmonische Anordnung auf, die von der in der Mitte gelegenen Hauptperson *R*, *a*, $\frac{a}{2}$, $\frac{b}{2}$ entfernt sind.

Große Gruppen werden in Teilgruppen aufgelöst, die dann untereinander in harmonischer Entfernung stehen. Ein diese Forderung erfüllendes Bild ist Lionardo da Vincis «Letztes Abendmahl» (Abbild. 142). Von der Hauptperson Christi sind nach beiden Seiten die Jünger zu je drei in Gruppen in den harmonischen Entfernungen $\frac{R}{2}$, *d* und 2*r*, *a* usw. Außerdem sind die einzelnen Köpfe in harmonischen Entfernungen. Das Thema «Letztes Abendmahl» ist von vielen Künstlern behandelt. Hier einige Beispiele: Tizian (Abbild. 143) ordnet die Jünger teils in Gruppen, teils einzeln an, Christus in der Mitte, ebenso Dürer (Abbild. 144) und Rubens (Abbild. 145). Wie die «Jünger vor Emaus» Rembrandts die Variation in der Anordnung der Personen, ausgeführt durch denselben Künstler, zeigen, soll die Darstellung des Abendmahles die Variation der harmonischen Anordnung bei Behandlung desselben durch verschiedene Künstler vor Augen führen.

Eine ganz andere Art der Gruppierung ist bei der «Sixtinischen Madonna» von Raffael Santi: (Abbild. 146). Das Auge wird hier zur Annahme einer Symmetrieebene

Abbild. 143. Anordnung im «Abendmahl» von Tizian (Escorial, Refektorium). Nach dem harm. Dreieck.

verleitet, in der die Hauptpersonen Maria mit dem Jesukinde liegen. In gleicher Entfernung davon liegen die beiden Heiligen Sixtus und Barbara. Wären sie gleich groß dargestellt, so wäre die Symmetrie zu auffällig und störend. Die verschiedene Länge der Personen, Maria $2a$, das Jesukind b, Sixtus $2(b+r)$ und Barbara $2b$, mildern sie sehr und lassen das Malerische zur Wirkung kommen. Bemerkenswert ist ferner die Anordnung der beiden Heiligen, deren Köpfe in gleicher Höhe liegen, $2b$ voneinander entfernt. Der Kopf Marias



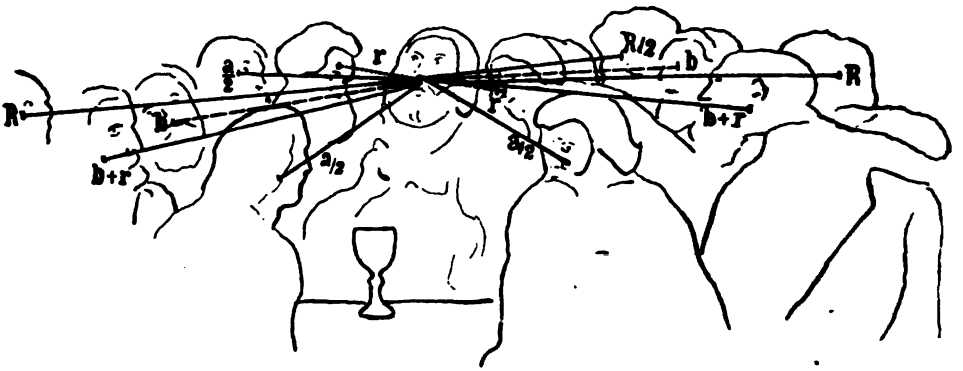
Abbild. 144. Anordnung im «Abendmahl» von A. Dürer (1510) nach dem harm. Dreieck.

liegt hoch oben, a und R von den beiden anderen entfernt. Der Vorhang betont außerdem den pyramidalen Aufbau.[1])

Schwieriger ist die Entzifferung der Harmonie in Bildern mit zahlreichen Personen, wie z. B. die «Schule von Athen» von Raffael oder das «Jüngste Gericht» von Michelangelo, doch gelingt sie auch, wenn man die Gruppen zusammenfaßt. Erleichternd ist hiebei (Tafel XXXIX), daß die im Hintergrund auftauchenden Gebäude

[1]) In der «Verklärung Christi» von Raffael ist Christus mit dem Moses und Elias in dem auf dem Quadrat, wo die Menschen und Apostel verteilt sind, aufgesetzten Dreieck angeordnet. Auch sonst ist die Anordnung in diesem Bilde eine durchwegs schöne und daher harmonische.

(Schule von Athen) eine Symmetrieebene verlangen, auf welche die Entfernungen bezogen werden können. Die große Gruppe in der Mitte reicht einerseits bis b, andererseits bis $\frac{a}{2}$. An diese gliedert sich rechts eine Gruppe in der Entfernung von a, ebenso links, doch sind in den harmonischen Entfernungen $\frac{R}{2}$, b und $b+\frac{r}{2}$ drei Personen. Diogenes auf der Stufe liegt in $\frac{b}{4}$. Vorn sind noch drei Gruppen, auf der einen Seite eine in Entfernung von r, $2r$, b, auf der andern in zwei Gruppen von b und a. Diese großen Gruppen lassen



Abbild. 145. Anordnung im «Abendmahl» von Rubens (Mailand, Galerie im Brera-Palast). Nach dem harm. Dreieck.

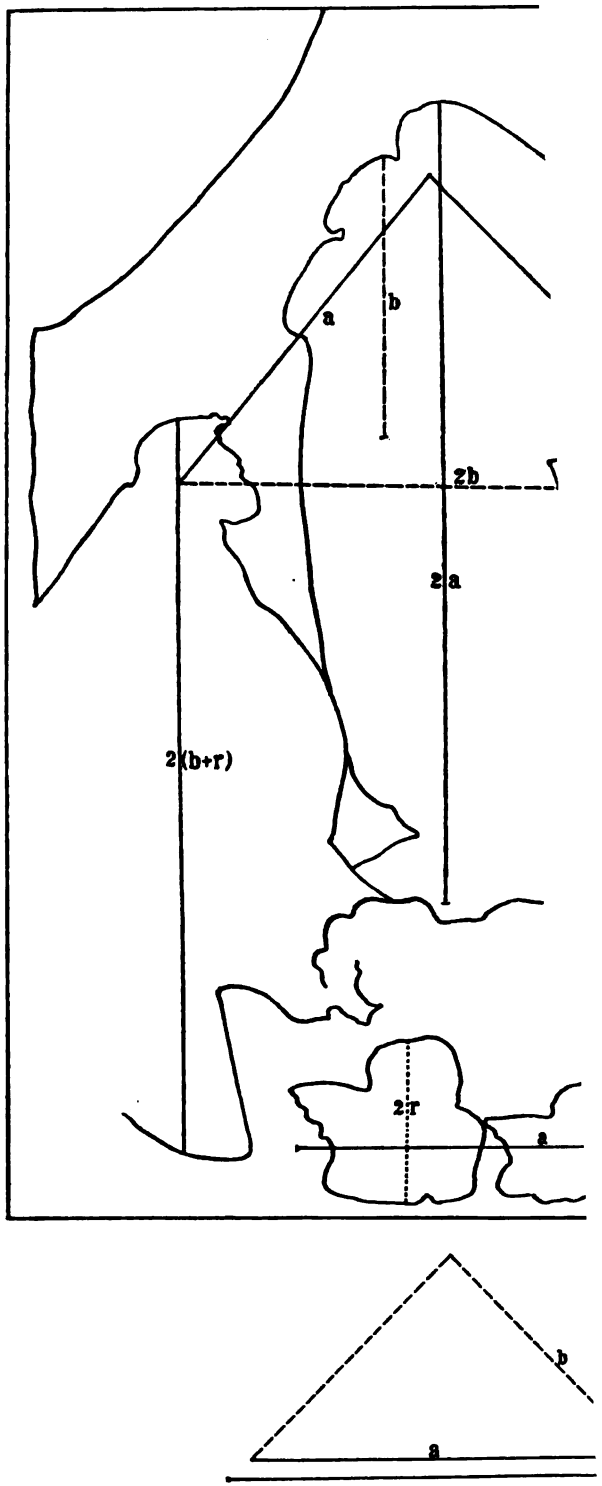
dann bei näherer Betrachtung eine weitere Gliederung in kleinere Gruppen mit harmonischen Maßen erkennen.

In allen Bildern, deren klassische Schönheit sie zu ewigen werden ließ, ist die Anordnung der Personen und Objekte immer eine harmonische, sich aufbauend auf das harmonische Dreieck und den harmonischen Kreis.

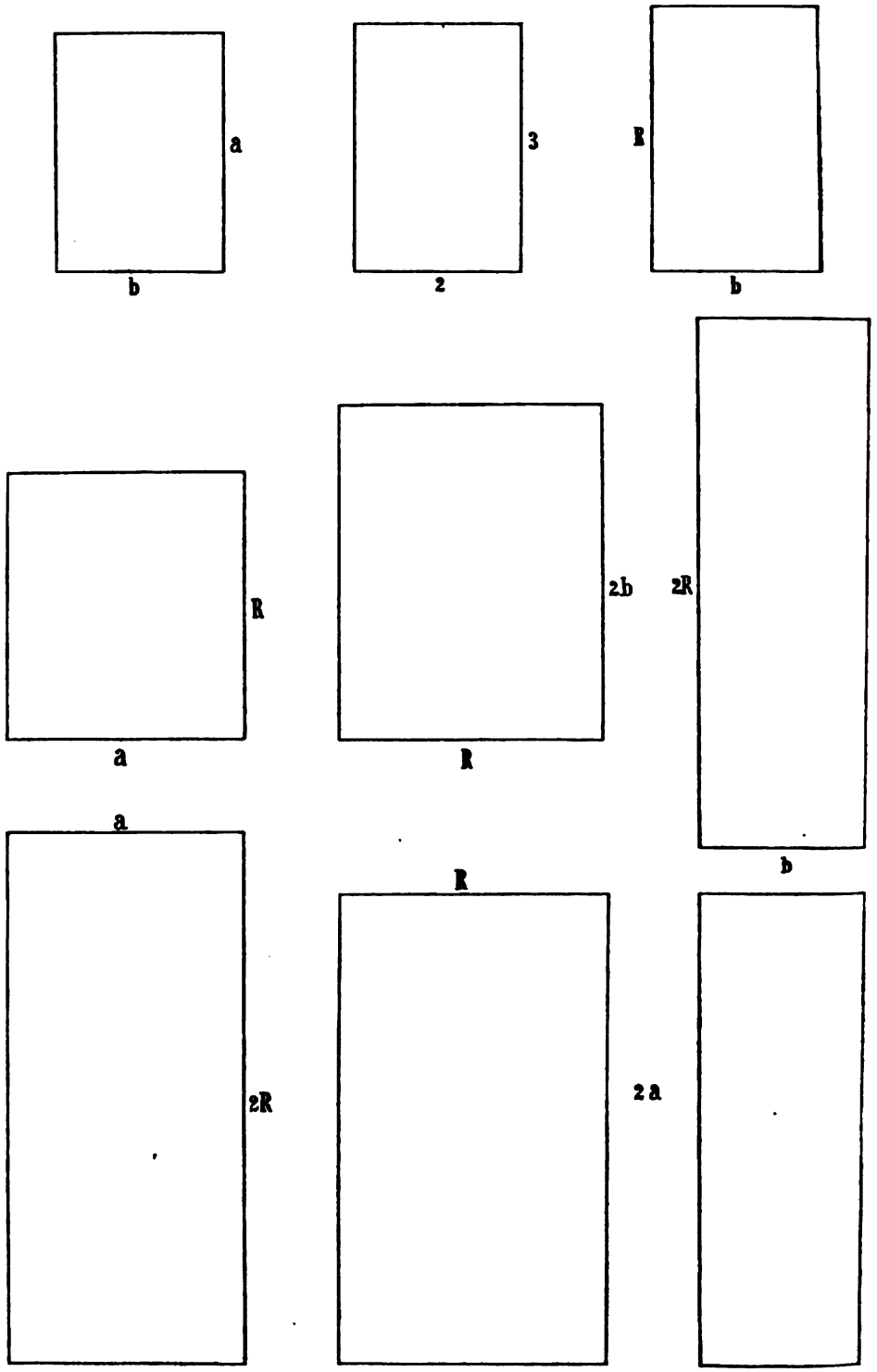
4. Das Format der Bilder.

Das Format eines Bildes, ob rund, oval, am häufigsten rechteckig, bisweilen rechteckig und oben abgerundet, wird bestimmt durch das Verhältnis der Höhe zur Breite, wobei zugleich die rechteckige Form vorausgesetzt wird. Betrachtet man die Angaben über die Größe der Bilder, wie sie z. B. in den «Klassikern der Kunst» fast bei allen Bildern vermerkt ist, so fällt vor allem die Schwierigkeit auf, ein geläufiges Verhältnis wie 1:2 oder 2:3 und 3:4 zu

UNIV. OF MICH.



Abbild. 146. Anordnung in der «Sixtinischen Mad
nach dem harm. Dreieck.



Abbild. 147. Formate der Bilder.

selten dieselben Zahlenverhältnisse, außer bei Gegenstücken oder einer Reihe von zusammengehörigen Bildern, wie die Passion Dürers. Unmöglich scheint es zu sein, hier die Ordnung zu enträtseln. Und doch kann man nicht annehmen, daß die Künstler das Format willkürlich gewählt haben. Das künstlerische Empfinden oder der harmonische Sinn hat auch hier ohne Maßstab arbeitend das Richtige getroffen, damit es schön wirke. Daß das Format nicht Nebensache ist, erhellt auch aus der Tatsache, daß bei vielen Bildern darin das Maßverhältnis der Linien im Bilde gegeben ist.

Die Grundformate der Bilder sind verhältnismäßig wenige und können mittels des harmonischen Dreieckes und harmonischen Kreises leicht berechnet werden. Als Größen kommen vor allem a, b, R, $2a$, $2b$, $2R$ in Betracht, die in Kombination 9 Formate bilden, und zwar die auf Abbild. 147 dargestellten $a:b$, $2a:b$,[1]) $b:R$, $b:2R$, $2b:R$ und $a:R$, $2a:R$, $a:2R$. Von diesen sind $a:b$, $b:R$, $2b:R$ und $a:R$ die häufigsten. Die Verhältnisse $a:b$[2]) und $R:b$ kommen denen des Rechteckes $2:3$ sehr nahe, z. B.:

$$a:b = 20:14{\cdot}4$$
$$3:2 = 21:14$$
$$R:b = 22{\cdot}23:14{\cdot}14.$$

Das Rechteck $2:3$ hält die Mitte zwischen beiden. Die Baukunst benützte häufiger das einfachere Rechteck $2:3$, das daher in den Grundrissen und Fassaden führend ist, die Malerei, abhold den Zahlen, folgte nur dem harmonischen Sinn, daher Verhältnisse wie $1:\frac{\sqrt{2}}{2}$, $1:\frac{\sqrt{5}}{2}$, $\sqrt{2}:\frac{\sqrt{5}}{2}$ oder $\sqrt{2}:\sqrt{5}$ die häufigsten. Die seltenen Verhältnisse $3:4$, $4:5$ kommen $a:b$ und $R:2b$ sehr nahe und können unter diese gerechnet werden, sind aber hier voneinander gehalten.

Nachfolgende Tabelle 1 enthält die Größenverhältnisse (Höhe zur Breite) der Bilder Raffaels, um zu zeigen, wie wenig die wirklichen von den mittels des harmonischen Dreieckes berechneten abweichen,

---

[1]) $a:2b$ ist fast dasselbe Verhältnis wie $b:a$, daher es außer acht gelassen werden kann.

[2]) Das Verhältnis $a:b$ oder $1:\frac{\sqrt{2}}{2}$ ist das sogenannte «Weltformat», das von Ostwald propagiert wird. Die Künstler aller Zeiten haben sich aber nicht auf ein einziges Format beschränkt, sondern mehrere Formate angewendet. Wie im Weltall, in der Natur mehrere «richtige» Verhältnisse die Anordnung und die Formen beherrschen, so auch in der Kunst.

Tabellen 2 und 3 eine Übersicht über das Vorkommen der einzelnen Formate bei einigen Künstlern. Die Zahlenangaben sind den «Klassikern der Kunst», Deutsche Verlags-Anstalt, entnommen.

Tabelle 1: Die Formate der Bilder von Raffael Santi.

Verhältnisse der Formate	Höhe	Breite	Höhe und Breite, berechnet nach dem Verhältnis	Abweichung
	cm			
$a:b$ oder $1:\frac{\sqrt{2}}{2}$ $b:a$ » $\frac{\sqrt{2}}{2}:1$				
Die drei Grazien	17	12	17 : 12·01	—
Marie mit dem Kinde (Sammlung Solly)	52	38	52 : 36·7	1·3
Maria mit dem Kinde und dem kleinen Johannes (Madonna della Casa Diotaleyi)	69	50	67 : 48·8	1·2
Bildnis eines jungen Mannes	55·4	39	55·4 : 39·1	0·1
Die kleine Madonna Cowper	61	43	61 : 43·1	0·1
Die heilige Katharina von Alexandrien	71	53	71 : 50·2	2·8
Die Madonna mit dem Stieglitz	106	75	106 : 74·9	0·1
Bildnis des Angelo Doni	62	44	62 : 43·8	0·2
Bildnis der Maddalena Doni	62	44	62 : 43·8	0·2
Die heilige Familie mit dem Lamm	29	21	29 : 20·5	0·5
Die heilige Familie aus dem Hause Canigiani	132	98	132 : 93·3	4·7
Maria mit dem Kinde (Haus Colonna)	77	56	77 : 54·4	1·6
Die große Madonna Cowper	68	46	68 : 48	2
Maria mit dem Kinde (Bridgewater-Madonna)	81	56	81 : 37	1
Die Madonna aus dem Hause Tempi	77	53	77 : 54·4	1·4
Die Vermählung der Jungfrau Maria	169	114	169 : 119	5
Bildnis des Francesco Maria della Rovere(?)	48	35	48 : 33·9	1·1
Papst Julius II.	108	81	108 : 76·4	4·6
Die Madonna mit dem Fisch	212	158	212 : 150	8
Bildnis des Bindo Altoviti	61	45	61 : 43·1	1·9
Die Dame mit dem Schleier	82	60	82 : 58	2
Die sogenannte Fornarina	85	60	85 : 60	—
Die Sixtinische Madonna	265	196	265 : 187·4	8·6
Doppelbildnis der Dichter Navagero und Beazzano	76	107	75·6 : 107	0·4
Die Kreuztragung	306	230	306 : 216·6	13·4
Ludovico de' Rossi und Guilio de' Medici	155	119	155 : 109·6	9·4
Die große heilige Familie	207	140	207 : 146	6
Die Begegnung Mariä mit Elisabeth	200	145	200 : 141·4	3·6
Die Verklärung Christi	405	278	405 : 286	8

Verhältnisse der Formate	Höhe	Breite	Höhe und Breite, berechnet nach dem Verhältnis	Abweichung
	cm			
$R:b$ oder $\sqrt{5}:\sqrt{2}$ $b:R$ » $\sqrt{2}:\sqrt{5}$				
Christus am Kreuz	257	164	257 : 161·2	2·8
Die Krönung der Maria	267	163	267 : 168·8	5·8
Die Madonna del Granduca	86	56	86 : 54·4	1·6
Die Madonna von Foligno	320	194	320 : 202	8
Bildnis des Tommaso Inghirami	98	63	98 : 62	1
Die heilige Cäcilia	220	136	220 : 139	3
Der heilige Michael, den Teufel niederwerfend	268	160	268 : 169	9
Maria mit dem Kinde und dem kleinen Johannes (Jungfrau mit dem Schleier)	68	44	68 : 43·1	9
$R:2b$ oder $\sqrt{5}:2\sqrt{2}$ $2b:R$ » $2\sqrt{2}:\sqrt{5}$				
Der heilige Georg mit dem Drachen	32	27	34 : 27	2
Maria mit dem Kinde und Heiligen	34	29	36 : 29	2
Der segnende Christus	29	23	29 : 23	—
Der heilige Sebastian	43	34	43 : 34	—
Der heilige Georg	28·5	21·5	27·2 : 21·5	1·3
Madonna im Grünen	113	88	111·3 : 88	1·7
Die Madonna mit dem bartlosen Josef	74	57	72·1 : 57	1·9
Die Madonna unter dem Baldachin	276	219	277 : 219	1
Bildnis des Kardinals Alidosi	78	61	77 : 61	1
Papst Julius II.	99	82	103·6 : 82	4·6
Die Madonna dell' Impanata	155	123	155·5 : 123	0·5
Bildnis des Grafen Balthasar Castiglione	82	67	84·6 : 67	2·6
Bildnis eines Unbekannten	72	56	70·8 : 56	1·2
Die Madonna della Tenda	68	55	69·5 : 55	1·5
Bildnis der Johanna von Aragonien	120	95	120 : 95	—
Die heilige Familie	144	115	145·4 : 115	1·4
Die heilige Familie unter der Eiche	144	110	139 : 110	5
Die Madonna mit der Rose	103	84	106 : 84	3
Die kleine heilige Familie	38	32	40 : 32	2
Die Madonna del divino amore	139	109·5	135 : 109·5	4
Die Madonna aus dem Hause Orleans	35	29	36 : 29	1
Madonna Esterhazy	25	20	25·3 : 20	0·3

Verhältnisse der Formate	Höhe	Breite	Höhe und Breite, berechnet nach dem Verhältnis	Abweichung
	cm			
$a:R$ oder $1:\frac{\sqrt{5}}{2}$				
$R:a$ » $\frac{\sqrt{5}}{2}:1$				
Die heilige Margareta	138	122	136·7 : 122	1·3
Weibliches Bildnis	66	59	65·8 : 59	0·2
Maria mit dem Kinde und Johannes (Aldrobrandini)	38	33	36·8 : 33	1·2
Johannes der Täufer	163	146	163 : 146	—
Die Grablegung Christi	184	176	194 : 176	10
$2a:R$ oder $2:\frac{\sqrt{5}}{2}$				
$R:2a$ » $\frac{\sqrt{5}}{2}:2$				
Die heilige Dreieinigkeit	160	90	160 : 89	1
Hieronymus bestraft den Häretiker Sabinianus	23·3	41·3	23·0 : 41·3	0·3
Cyrillus erweckt drei Verstorbene	23·3	41·3	23·0 : 41·3	0·3
Maria mit dem Kinde, Johannes dem Täufer und dem heiligen Nikolaus	274	152	274 : 152·9	0·9
Maria mit dem Kinde (Madonna Mackintosh)	76·5	40·5	76·5 : 42·6	2·1
$a:a$ oder $1:1$				
Der Traum des Ritters	17	17	17 : 17	—
Die Grablegung Christi	184	176		8
$2a:3a$ oder $2:3$				
$3a:2a$ » $3:2$				
Bildnis des Pietro Perugino (?)	45	30	45 : 30	—
Der heilige Franziskus von Assisi	24	16	24 : 16	—
Der heilige Antonius von Padua	24	16	24 : 16	—
Maria mit dem Kinde und dem kleinen Johannes (die schöne Gärtnerin)	122	80	120 : 80	2
Glaube, Hoffnung und Liebe	16	24	16 : 24	—
$4:3$ oder $3:4$				
Bildnis des Giuliano de' Medici, Herzogs von Nemours	88	66	88 : 66	—
Die Vision des Hesekiel	40	30		—

rund:

Maria mit dem Kinde (Madonna Conestabile della Staffa).
Maria mit dem Kinde (Madonna del Duca di Terranuova).
Die heilige Familie unter der Palme.
Maria mit dem Kinde und Johannes (Madonna aus dem Hause Alba).
Die Madonna mit den Kandelabern.
Die Madonna della Sedia.

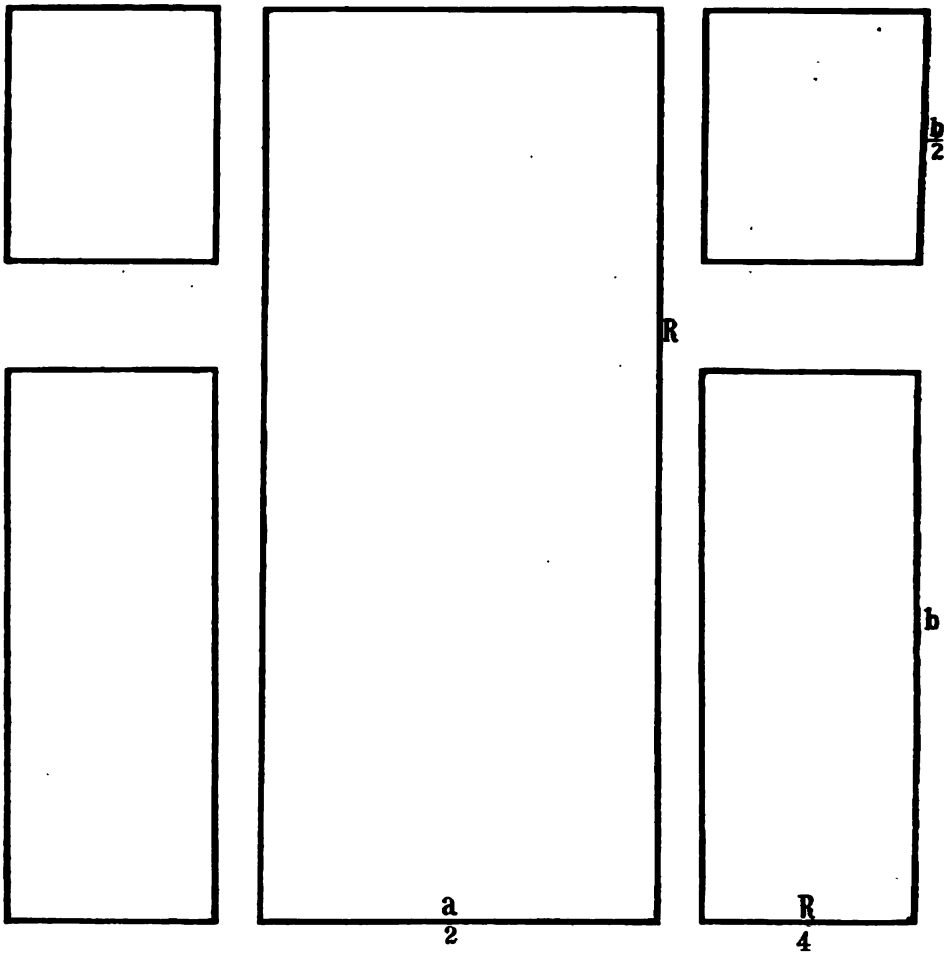
Tabelle 2: Formate der Bilder hinsichtlich der Anzahl.

Künstler	Rechteckige Form im Verhältnis von:															rund [1]	
	$a:b$ $1:\frac{\sqrt{2}}{2}$	$2a:b$ $2:\frac{\sqrt{2}}{2}$	$R:b$ $\sqrt{5}:\sqrt{2}$	$2R:b$ $\sqrt{5}:\frac{\sqrt{2}}{2}$	$R:2b$ $\frac{\sqrt{5}}{2}:\sqrt{2}$	$R:a$ $\frac{\sqrt{5}}{2}:1$	$2R:a$ $\sqrt{5}:1$	$2a:R$ $2:\frac{\sqrt{5}}{2}$	$a:2r$ $1:\sqrt{2}-1$	$R:2r$ $\frac{\sqrt{5}}{2}:\sqrt{2}-1$	1:1	1:2	2:3	3:4	4:5		
Raffael Santi	29		8		22	5		5			2		5	2		6	84
Dürer Gemälde . .	7	2	4	2	33	15	5	7	3		1		1	4	1		85
Dürer Kupferstiche	32		55		8	5		1			1						102
Dürer Holzschnitte	83	2	6		52	3					8						154
Dürer Summe . . .	122	4	65	2	93	23	5	8	3		10		1	4	1		341
Tizian	28		15		83	37	1	7	4		5		4	3			187
Rembrandt	52		4		259	71		1			4			2			393
Velazquez	8		9		45	10		8			4	5					89
Mantegna	12		3	1	22	3	1	3		1	11	7					
Fritz von Uhde . .	46		9		97	28		7		9		3					199

Tabelle 3: Formate der Bilder in Prozenten.

Raffael Santi	34·5		9·5		26·2	6		6			2·4		6	2·4		7	
Albrecht Dürer . .	36·6	1·2	19	0·6	27·2	6·9	1·5	2·4	0·9		3		0·3	1·2	0·3		
Tizian	15		8		44	20	0·5	3·7	2·1		2·6	2·1	1·6				
Rembrandt	13·2		1		66	18		0·3			1			0·5			
Velazquez	9·2		10		50·5	11		9·2			4·5	5·6					
Mantegna	19·7		4·7	1·5	34·4	4·7	1·5	4·7		1·5	17·2	10·1					
Fritz von Uhde . .	23·1		4·5		48·8	14		3·6		4·5		1·5					

[1]) Die runden und nicht rechteckigen Formate sind nur bei Raffael berücksichtigt.



Abbild. 148. Format des Bildes: «Auferstehung Christi» von Tizian.

Von den 84 Bildern Raffaels — die Fresken in den Loggien und Stanzen sind nicht mit einbezogen — ist das gebräuchlichste und häufigste Format das rechteckige im Verhältnisse von $a : b$ (35·4%) und $2b : R$ (26·2%). Im ganzen sind nur 9 Formate, davon 6 rechteckig in harmonischen Verhältnissen, 1 rund (6 Stück), 1 quadratisch (1 Stück) und 1 im Verhältnisse 4 : 3 (2 Stück), welches übrigens $a : b$ sehr nahesteht, Die Größenverhältnisse $a : b$, $2R : b$, $R : b$ und $R : 2b$ machen allein 77% aus.

A. Dürer bevorzugt gleich Raffael die Formate $a : b$ und $R : 2b$; sie sind in gleichem Perzent wie bei Raffael vertreten. Unter den

Kunsthandwerk der Griechen und Römer. Aus Kuhn. Plastik: Fig. 1 u. 2 Vasen mykenischen Stils. Fig. 3 Dodwell-Vase, München. Fig. 4 Kotyle des Makron und Hieron, Acerra bei Neapel. Fig. 5 Françoise-Vase, Florenz. Fig. 6 Prachteimer. Fig. 7 Vase des mykenischen Stils. Fig. 8 Standspiegel. Fig. 9 Kohlenbecken.

Kunsthandwerk und Kleinkunst der altchristlichen (Fig. 1, 3, 4, 6) und romanischen (Fig. 2, 5) Stilperiode. Aus Kuhn. Plastik: Fig. 1 der Tassilokelch in Kremsmünster. Fig. 2 Bernwardkreuz, Hildesheim. Fig. 3 Tonlampe aus Köln. Fig. 4 Gefäß aus dem Funde von Petreosa. Fig. 5 Godehardikelch, Hildesheim. Fig. 6 Gefäß vom Funde von Nagy-Szent-Miklos.

UNIV OF MICH.

Kunsthandwerk und Kleinkunst der Gotik (Fig. 4, 6, 7, 8) und Renaissance (Fig. 1, 2, 3, 5). Aus Kuhn. Plastik: Fig. 1 Weinkanne, Basel. Fig. 2 Kanne aus Kristall, Florenz. Fig. 3 Kurfürstenkrug. Fig. 4 Schild mit dem Wappen der von Rarogne, Sitten. Fig. 5 Blasbalg. Fig. 6 Harfe im Louvre. Fig. 7 Truhe im Historischen Museum zu Basel. Fig. 8 Betstuhl aus Pens.

UNIV. OF MICH.

Gemälden ist $R:2b$ das häufigste (die Apostel haben das Größenverhältnis $2a:b$). Unter den Kupferstichen haben die der kleinen Passion durchwegs das Verhältnis von $R:b$, unter den Holzschnitten die der kleinen Passion das Verhältnis von $2b:R$, die der großen Passion $a:b$ und die des Marienlebens gleichfalls $a:b$. Das nicht gewöhnliche Verhältnis $a:2r$ ist zweimal vertreten (Adam und Eva in Madrid, Prado-Museum). Die Reihenfolge nach der Häufigkeit ist: $a:b$, $R:2b$ $R:b$, $R:a$; diese 4 Größenverhältnisse machen allein 86·7% aus, die übrigen verteilen sich auf das quadratische und andere seltene Formate.

Auch die anderen Maler haben einzelne Formate bevorzugt, besonders $R:2b$ und $a:b$.

Ist ein Motiv auf mehrere Bilder verteilt (Triptycha), so sind die Formate untereinander in harmonischen Größenverhältnissen, wie z. B. die Auferstehung Christi von Tizian (Abbild. 148), $R:\frac{a}{2}$, $b\,1\,\frac{R}{4}$, $\frac{b}{2}:\frac{R}{4}$.

D. Kunsthandwerk und Kleinkunst.

Zur Plastik wird auch das Kunsthandwerk und die Kleinkunst, deren Trennung von der hohen monumentalen Plastik nicht immer möglich ist, gerechnet. Seine Ausübung geht in die ältesten Zeiten zurück und erreicht auch in den Blütezeiten der Plastik wie in dem hellenistischen Zeitalter, in der Gotik und der Renaissance ihren Höhepunkt. Der Sinn für das Schöne durchdringt alles und so müssen auch die Gebrauchsgegenstände den Stempel des Schönen an sich tragen. Sind Kunstobjekte in der monumentalen Plastik schon zahlreich, wie vielmehr noch im Kunsthandwerk und in der Kleinkunst. Eine Auswahl zu treffen ist daher äußerst schwierig, doch bietet sich Gelegenheit genug, das Vorhandensein der in der Kunst nachgewiesenen Harmonie an Kunstgegenständen nachzuprüfen. Auf den Tafeln XL, XLI und XLII sind aus einigen Stilperioden einige wenige Beispiele dargestellt. Die Kunst, Töpfe zu formen, die Keramik, hat bei den Griechen und Römern eine besonders hohe Stufe erreicht. Die Höhen- und Breitenverhältnisse und meistens auch die Umrißlinien schöner Gefäße und Kunstgegenstände sind in «richtigen» Verhältnissen.

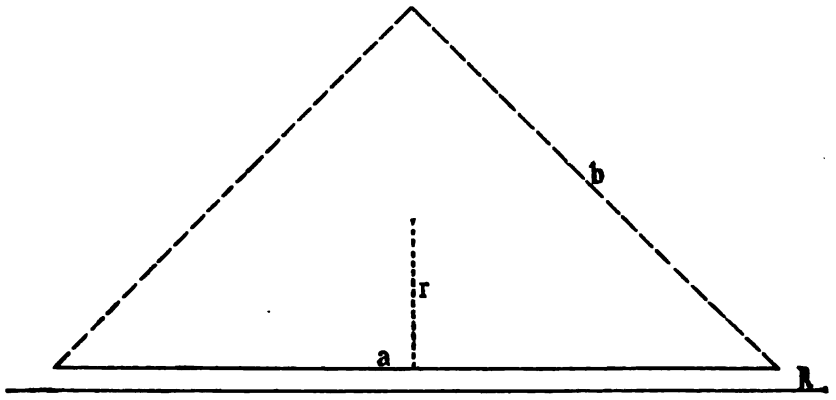
Einen besonderen Zweig des Kunsthandwerkes bildet die Anfertigung von Musikinstrumenten, besonders der Geigen, und es kann

kein Zufall sein, daß jene Geigen, die uns nach Jahrhunderten mit der gleichen Zauberstimme zum Herzen singen, die ihnen ihr Meister eingehaucht, nach den gefundenen Gesetzen der Harmonie gebaut sind.

Bau der Geige.[1])

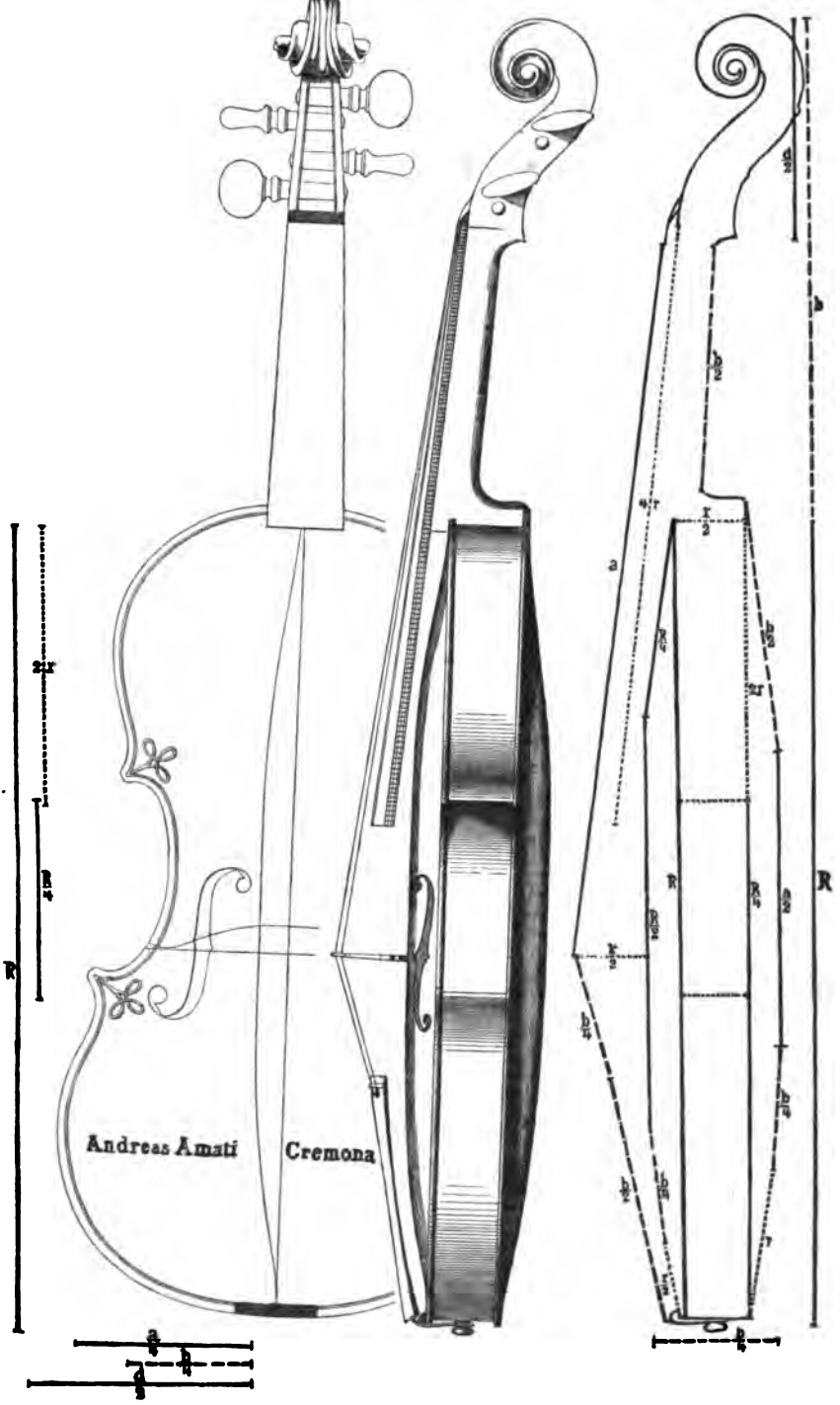
Alle vier Arten der Geige, die Violine (Geige im eigentlichen Sinne oder Diskantgeige), Bratsche oder Viola, Violoncello und Baßgeige oder Kontrabaß tragen auf einem hohlen, flachen, länglichen hölzernen Gehäuse, dem Körper, auf dessen Vorderseite sich zwei *f* förmige Schallöffnungen befinden, den Hals, dessen oberen Teil der Wirbelkasten mit dem schneckenförmig gewundenen Kopf, der Schnecke, bildet. Im Wirbelkasten spannen die Wirbel die Saiten, welche vom Saitenhalter am unteren Ende des Körpers über den Steg und das Griffbrett laufen und am Ende des Griffbrettes auf einer kleinen Leiste, dem Sattel, aufliegen. Dieser bildet die obere Grenze, der Steg die untere Grenze des tönenden Stückes der Saiten.

Es ist wohl anzunehmen, daß die Streichinstrumente im wesentlichen von den Arabern übernommen wurden, aber, wie so manches aus dem Orient, erst im Abendlande zur Vollkommenheit gediehen sind. Die Blüte der Kunst des Geigenbaues fällt in das 16. und 17. Jahrhundert und knüpft sich an die Namen Amati, Stradivari, Stainer und Guaneri. Es war ein langer Weg des Versuchens und Probierens und es bedurfte eines Genius, um die Geige zu dem zu machen, was sie ist, die Königin der Musikinstrumente.



Harmonisches Dreieck für Abbild. 149.

[1]) Vgl. P. O. Apian-Bennewitz, Die Geige. Leipzig 1892.



Abbild. 149. Vorder- und Seitenansicht einer Geige von Andreas Amati nach Apian-Bennewitz und nach dem harm. Dreieck.

Die Körperlänge der Geige ist R, der Hals und Wirbelkasten b (Abbild. 149), die obere Breite der Decke des Körpers ist $\frac{a}{4}$, die untere $\frac{d}{2}$, die schmalste Stelle $\frac{b}{4}$. Die übrigen Maße, wie Höhe, Linien der Wölbungen sind ebenfalls harmonisch. Die Seitenlänge ist a, die Steghöhe $\frac{r}{2}$ usw.

Die Maßverhältnisse sind bei den Geigen verschieden, und zwar nicht nur bei Geigen von verschiedenen Geigenmachern, sondern auch bei Instrumenten eines und desselben Meisters. Die Geige von Jakob Stainer hat eine

Länge der Decke . . .	35·5 cm	($2R = 35·5$)
obere Breite	16·6 „	($a = 15·9$)
mittlere Breite	11 „	($b = 11·2$)
untere Breite	22·2 „	($2b = 22·45$)

$33·5 : 15·9 : 11·2 \text{ cm} : 22·4 = \sqrt{5} : 1 : \frac{\sqrt{2}}{2} : \sqrt{2}$. Die Wölbung über die Mitte des mittleren Teiles vom Zargenrande aus gemessen beträgt 1·7 cm $\left(\frac{r}{2} = 1·6\right)$, über die des Ober- und Unterteiles 1·3 cm $\left(\frac{b}{4} = 1·35\right)$.

Nikolaus Amati:

Länge der Decke	36 cm	($2R = 36$)
obere Breite	17 „	($a = 16·1$)
Breite des mittleren Teiles	11 „	($b = 11·3$)
Breite des unteren Teiles .	20 „	($d = 19·9$)

Kleinere Instrumente desselben Meisters haben eine

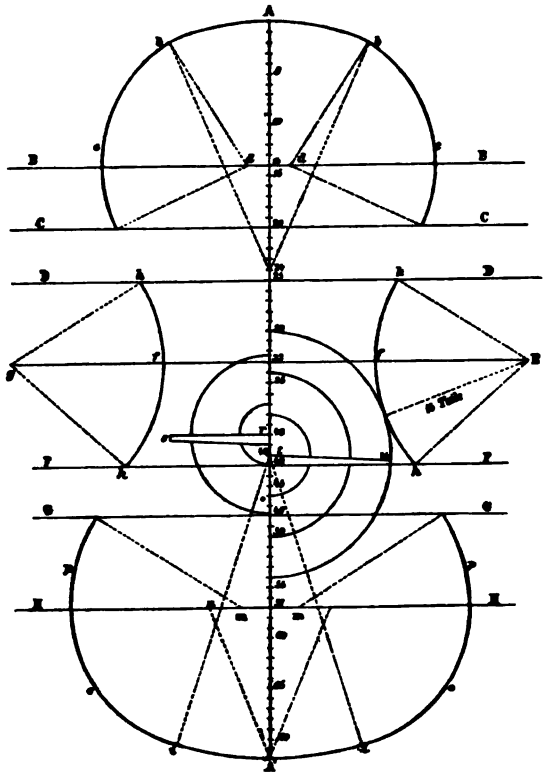
Länge der Decke	35 cm	($2R = 35$)
Breite des oberen Teiles .	16 „	($a = 15·7$)
Breite des mittleren Teiles	11 „	($b = 11·06$)
Breite des unteren Teiles .	20 „	($d = 19·2$)

Stradivarius:

Länge der Decke . . .	35·5 cm	($2R = 35·5$)
obere Breite	16·5 „	($a = 15·9$)
mittlere Breite	10·9 „	($b = 11·2$)
untere Breite	20·6 „	($d = 19·6$)
Höhe der Zargen . . .	3·1 „	($r = 3·28$)
Länge des Halses . . .	13 „	($4r = 13·14$)

Guarnerius Josef:

Länge der Decke . . .	36	cm	($2R = 36$)
obere Breite	17	„	($a = 16{\cdot}1$)
mittlere Breite	11·5	„	($b = 11{\cdot}3$)
untere Breite	21	„	($2b = 22{\cdot}6$)



Abbild. 150. Konstruktion der Decke und des Bodens einer Amati-Geige nach Bagatella. Aus Apian-Bennewitz, Taf. IV.

Konstruktion des Umrisses für Boden und Decke.

Eine besondere Betrachtung erheischt der wichtigste Teil der Geige, der Körper, bestehend aus Boden, Decke und Zargen. Die Erfahrung hat gelehrt, daß nur eine genaue Beachtung der Formverhältnisse und Dimensionen der besten alten Instrumente die Herstellung von Geigen ermöglicht, welche mit diesen an Güte sich vergleichen lassen. Es war natürlich ein heißes Streben der Geigenmacher,

Gesetze und Vorschriften für den Bau der Geigen zu ermitteln, um die Nachahmung zu erleichtern und sie möglichst genau den besten alten gleich zu machen. Unter den verschiedenen Vorschriften hat sich die des Geigenmachers Antonio Bagatella in Padua am meisten Anhänger gewonnen. Die von der Akademie zu Padua preisgekrönte Arbeit über die Theorie und Verfertigung der Geige ist im Jahre 1786 erschienen.[1]) Bagatella hat sich ziemlich treu an Amati angeschlossen. Die Vorschrift des Bagatella zur Konstruktion des Umrisses für Boden und Decke für eine Amatigeige ist folgende:[2])

Man ziehe (Abbild. 150) eine gerade Linie von der Länge der Decke oder des Bodens der anzufertigenden Geige und teile diese Linie *AA'* in 72 gleiche Teile. Diese Einteilung muß, da sie die Grundlage der ganzen weiteren Konstruktion bildet, sehr sorgfältig und genau gemacht werden. Durch diese Gerade *AA'* werden nun sieben Gerade gelegt, welche mit ihr genau rechte Winkel einschließen. Die erste dieser Linien, *BB*, muß durch den Teilpunkt 14, die zweite, *CC*, durch den Punkt 20, die dritte, *DD*, durch den Punkt 25, die vierte, *EE*, durch den Punkt 33, die fünfte, *FF*, durch den Punkt 43, die sechste, *GG*, durch den Punkt 48 und die siebente, *HH*, durch den Punkt 57 gehen. Hierauf setzt man den Zirkel in dem Anfangspunkte *A* ein und beschreibt mit einer Zirkelöffnung von neun Teilen die beiden kleinen Bogen *a* und *b*, dann macht man den Punkt 24 zum Zentrum, gibt dem Zirkel eine Öffnung von 24 Teilen und beschreibt so den Bogen *a A b*. Hierauf trägt man von dem Punkte 14 aus auf der Linie *BB* nach jeder Seite hin eine Strecke von zwei Teilen ab, wodurch man die Punkte *dd* erhält; diese nimmt man zu Mittelpunkten, öffnet den Zirkel auf der einen Seite bis *a* und auf der andern bis *b* und beschreibt so die beiden bis auf die Linie *CC* reichenden Bogen *ee*. So erhält man den oberen Teil.

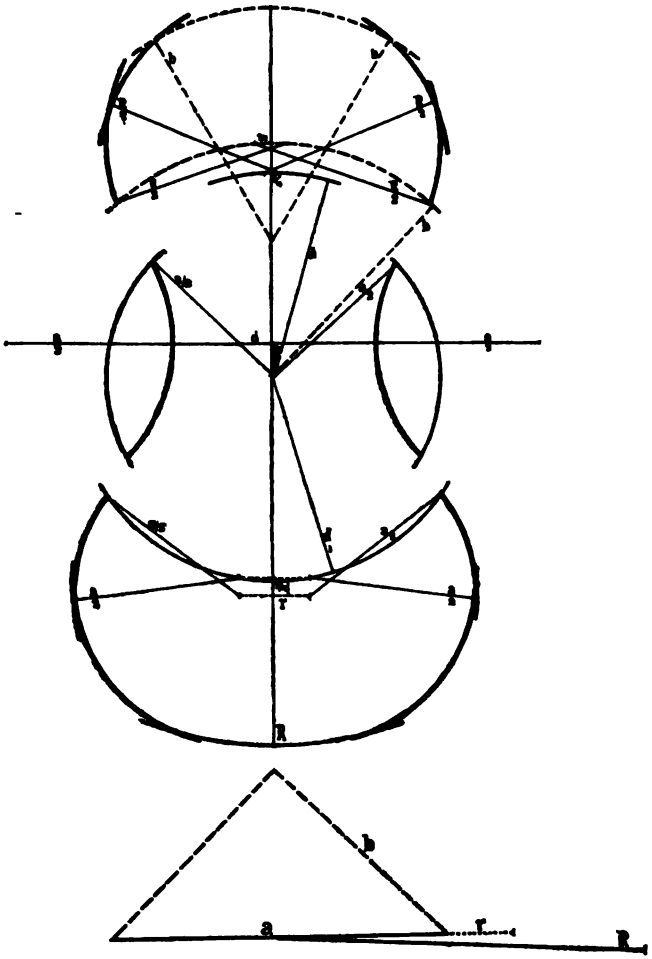
Dann trägt man auf die Linie *EE* die beiden Punkte *ff*, deren Entfernung vom Teilpunkte 33 gleich ist $10^1/_2$ Teilen, und hierauf von diesen Punkten *ff* wieder in einer Weite von 15 Teilen, zwei andere *gg* ab, welche dann die Mittelpunkte der zwei Kreisbögen *h f h* werden. So hat man nun auch den mittleren Teil.

Den unteren Teil konstruiert man, indem man von *A'* zwei Bögen *ii* mit der Zirkelöffnung von neun Teilen zieht; hierauf setzt man den Zirkel in den Punkt 40, gibt ihm eine Öffnung von 32 Teilen

[1]) Eine deutsche Übersetzung ist ohne Angabe der Jahreszahl erschienen unter dem Titel: Über den Bau der Violinen, Bratschen, Violoncellos und Violons. Aus dem Italienischen von J. O. H. Schaum. Mit zwei Kupfertafeln. Leipzig, A. Kühnel.

[2]) Nach P. O. Appian Bennewitz, S. 61.

und beschreibt so den Bogen *i A' i*. Alsdann trägt man auf die Linie *HH*, von dem Punkte 57 aus, drei Teile nach *mm* und aus diesem wieder drei Teile nach *nn*, nimmt die beiden letzteren zu Mittelpunkten, öffnet den Zirkel von *n* aus bis *i* und schlägt nun den von *i* bis



Abbild. 151. Konstruktion der Decke einer Amati-Geige nach dem harm. Dreieck.

zur Linie *HH* reichenden Bogen *o*. Endlich setzt man den Zirkel in *m* ein, öffnet ihn bis zu dem auf *HH* liegenden Endpunkte des Bogens *o* und beschreibt nun auf jeder Seite den bis zur Linie *GG* reichenden Kreisbogen *p*.

Appian-Bennewitz meint wie Bagatella, daß die Amati vollendete Geometer waren oder sich bei ihren Arbeiten von irgendeinem ge-

schickten Mathematiker leiten ließen, und behauptet, daß Stainer, Stradivarius und Guarnerius, ihre Schüler, den Grundsätzen gefolgt sind, in welchen sie durch ihre Meister unterwiesen wurden. Ob dies wirklich zutrifft, ist zu bezweifeln. Der Künstler schafft ohne Zahlen und Mathematik, ohne Kenntnis der Gesetze, intuitiv. Daß Amati, Stradivari und Stainer Künstler waren, steht fest, daß sie auch, ohne es zu wissen, nach denselben «richtigen» Verhältnissen wie die großen Baumeister, Bildhauer und Maler schufen, zeigen die nächsten Abbildungen, in welchen die Konstruktion der Decken ihrer Geigen mittels des harmonischen Dreieckes und Kreises dargestellt wird.

Abbild. 151. Decke der Amatigeige. Die Länge der Decke ist 2 R. Der obere Teil wird umrahmt von dem Kreisbogen b und vier Kreisbögen $\frac{R}{2}$, welche ihre Mittelpunkte auf den Kreisen b und d, $\frac{r}{4}$ respektive $\frac{r}{8}$ von der Mittellinie entfernt, haben. Die Bögen $\frac{R}{2}$ reichen bis zum Kreise b. Der Kreisbogen b hat seinen Mittelpunkt in der Mittellinie.

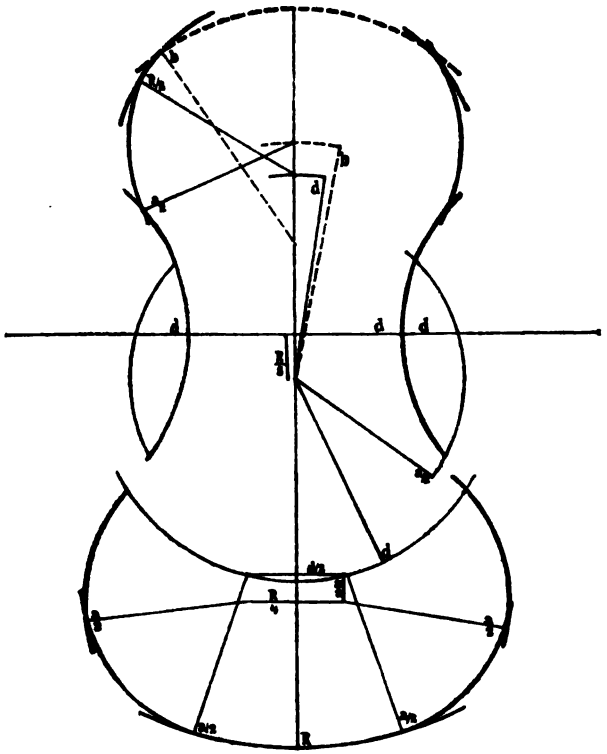
Der mittlere Teil besteht aus zwei Kreisbögen $\frac{a}{2}$, von der Mittellinie $\frac{d}{2}$ entfernt. Die Mittelpunkte der Kreisbögen $\frac{a}{2}$ gewinnt man, indem man in der Entfernung $\frac{r}{2}$ vom Mittelpunkte des harmonischen Kreises eine Senkrechte auf die Mittellinie zieht. In dieser Senkrechten liegt der Mittelpunkt in der Entfernung $\frac{d}{2}+\frac{a}{2}$. Die Kreisbögen werden vom Kreis $\frac{a}{2}$ eingeschlossen.

Der untere Teil wird vom harmonischen Kreise und vier Kreisbögen $\frac{a}{2}$ eingeschlossen. Zwei Kreisbögen $\frac{a}{2}$ haben ihre Mittelpunkte im d-Kreise, $\frac{r}{2}$ von der Mittellinie entfernt, die anderen zwei in einer zu dieser parallelen, $\frac{r}{4}$ unterhalb gelegenen, ebenfalls $\frac{r}{2}$ von der Mittellinie entfernten Linie. Die Kreisbögen reichen bis zu dem d-Kreise.

Die Konstruktion der Decke und des Bodens einer Amatigeige ist durch die Kreisbögen R, b, $\frac{R}{2}$ und $\frac{a}{2}$, deren Mittelpunkte durch harmonische Entfernungen gefunden werden, ausführbar.

Abbild. 152. Die Decke der Stradivarigeige ist 2 R lang. Der obere Teil besteht aus dem Kreisbogen b, je zwei Kreisbögen $\frac{R}{2}$ und

$\frac{a}{2}$. Die Mittelpunkte der $\frac{a}{2}$- und $\frac{R}{2}$-Kreisbögen werden durch den Schnittpunkt des *b*- und *d*-Kreises mit der Mittellinie bestimmt. Die $\frac{a}{2}$-Kreisbögen reichen bis zum Schnittpunkt mit den zwei *d*-Kreisbögen des mittleren Teiles. Die Mittelpunkte der Kreisbögen *d* liegen



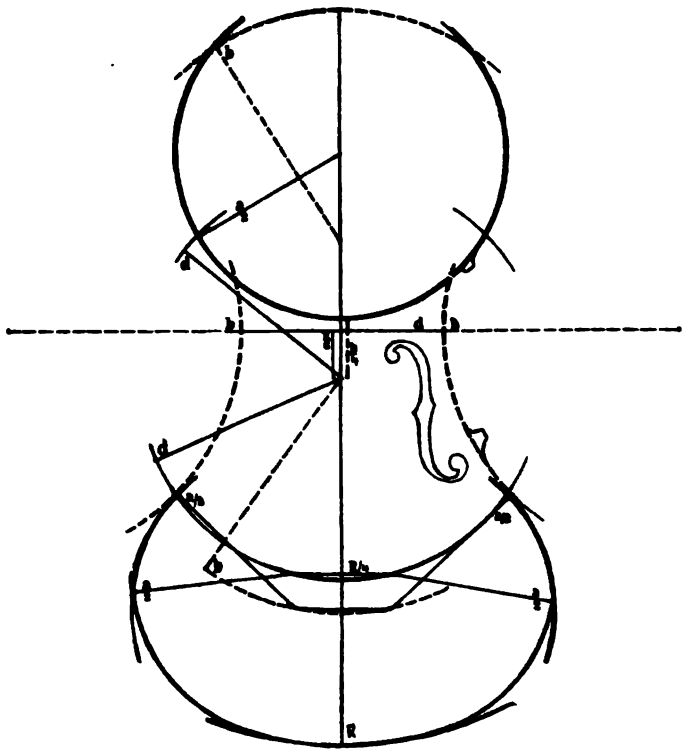
Abbild. 152. Konstruktion der Decke einer Stradivari-Geige nach dem harm. Dreieck (siehe Abbild. 151).

in einer Senkrechten auf die Mittellinie, welche $\frac{r}{2}$ vom Mittelpunkte des harmonischen Kreises gezogen wird. Die beiden Kreisbögen sind voneinander *d* entfernt und werden vom $\frac{a}{2}$-Kreise eingeschlossen.

Der untere Teil wird vom harmonischen Kreise und vier Kreisbögen $\frac{a}{2}$ umrahmt. Die Mittelpunkte der Kreisbögen liegen im

d-Kreise, $\frac{d}{4}$ von der Mittellinie entfernt und einer $\frac{d}{4}$ unterhalb gelegenen Parallelen, nur $\frac{R}{8}$ von der Mittellinie entfernt. Die Kreisbögen reichen bis zu den Schnittpunkten mit den d-Kreisbögen des mittleren Teiles.

Abbild. 153. Die Decke der Stainergeige ist wesentlich abweichend von den beiden Cremonensern. Die Länge der Decke ist $2R$.



Abbild. 153. Konstruktion der Decke einer Stainer-Geige nach dem harm. Dreieck (siehe Abbild. 151).

Der obere Teil wird vom Kreisbogen b und zwei Kreisbögen $\frac{a}{2}$ umrahmt. Die Mittelpunkte der Kreisbögen $\frac{a}{2}$ liegen in der Mittellinie $\frac{b}{4}+\frac{a}{2}$ vom Mittelpunkte des harmonischen Kreises entfernt. Ihre Grenze ist durch den d-Kreis bezeichnet.

Der mittlere Teil wird von zwei Kreisbögen b gebildet, die voneinander d entfernt sind. Ihre Mittelpunkte liegen auf der Linie,

welche senkrecht auf die Mittellinie in der Entfernung $\frac{R}{8}$ vom Mittelpunkte des harmonischen Kreises gezogen wird. Die Kreisbögen werden von den Schnittpunkten der Kreisbögen des oberen und unteren Teiles begrenzt. Der Umriß des unteren Teiles wird vom harmonischen Kreise und vier Kreisbögen $\frac{a}{2}$ begrenzt, deren Mittelpunkte in den Kreisen *d* und *b* liegen, von der Mittellinie je $\frac{R}{4}$ entfernt.

Die Konstruktion der Decke und des Bodens erfordert folgende Kreisbögen mit den Halbmessern:

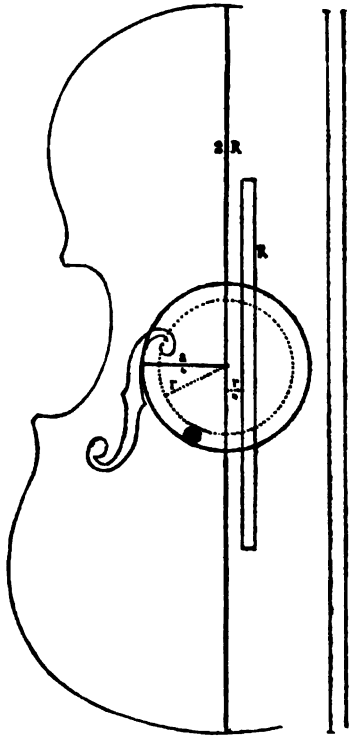
	R	b	d	$\frac{R}{2}$	$\frac{a}{2}$
Amatigeige	1	1	—	4	6
Stradivarigeige	1	1	2	2	6
Stainergeige	1	3	—	—	6

Die beiden Cremonenser Geigenmacher benützten zur Konstruktion ihrer Geigen 12 Kreisbögen, deren Halbmesser in den harmonischen Verhältnissen $\sqrt{5} : \sqrt{2} : \frac{\sqrt{5}}{2} : 1$ respektive $\sqrt{5} : \sqrt{2} : \sqrt{5} - 1 : \frac{\sqrt{5}}{2} : 1$ stehen, Jakob Stainer nur 10, mit den Kreisbogenhalbmessern in den einfachsten harmonischen Verhältnissen $\sqrt{5} : \sqrt{2} : 1$. Stainer gehört zu den genialsten Meistern, namentlich in bezug auf die Schönheit seiner Arbeit, welche diejenige der Italiener meist noch überbietet. Der Ton seiner Geigen gleicht mehr dem einer Flöte, der der Cremonenser Geigen ist klarinettenartig. Stainer hat den Ruhm, lange Zeit hindurch als der erste Geigenmacher gegolten zu haben. Wenn in der Gegenwart den Instrumenten Stradivaris der Vorzug gegeben wird, so tragen die veränderten Orchesterverhältnisse, denen diese Instrumente besser gerecht werden, hiezu wohl am meisten bei.

Die Stimme.

Die Stimme, auch Seele (l'âme) genannt, ist ein rundes Säulchen aus Resonanzholz, aufgestellt zwischen der Decke und dem Boden, um die Stimmung des Tonkörpers mit der der Saiten überhaupt und im einzelnen in Gleichklang zu bringen und hiedurch dem Tone erst den erforderlichen Glanz zu verleihen (weiters den rechten Fuß des Steges, der durch die höheren Saiten schwer belastet wird, etwas einklemmend). Die Länge richtet sich ganz nach den Wölbungsverhältnissen der

Geige, ihr Durchmesser ist ungefähr 5 mm. Die Stelle, wo die Stimme auf der Decke oder auf dem Boden ruht, wird in Abbild. 154 veranschaulicht. Ihr Mittelpunkt ist $\frac{r}{2}$ von der Mittellinie entfernt, wenn $2R$ die Länge der Decke beträgt, und zwischen den Kreisen r und $\frac{a}{4}$ gelegen. Die Stelle der Stimme teilt die Länge der Decke in zwei Hälften, die sich zueinander wie $a : b$ oder $1 : \frac{\sqrt{2}}{2}$ verhalten.



Abbild. 154. Stellung der Stimme und des Baßbalkens.
Nach dem harm. Dreieck (siehe Abbild. 151).

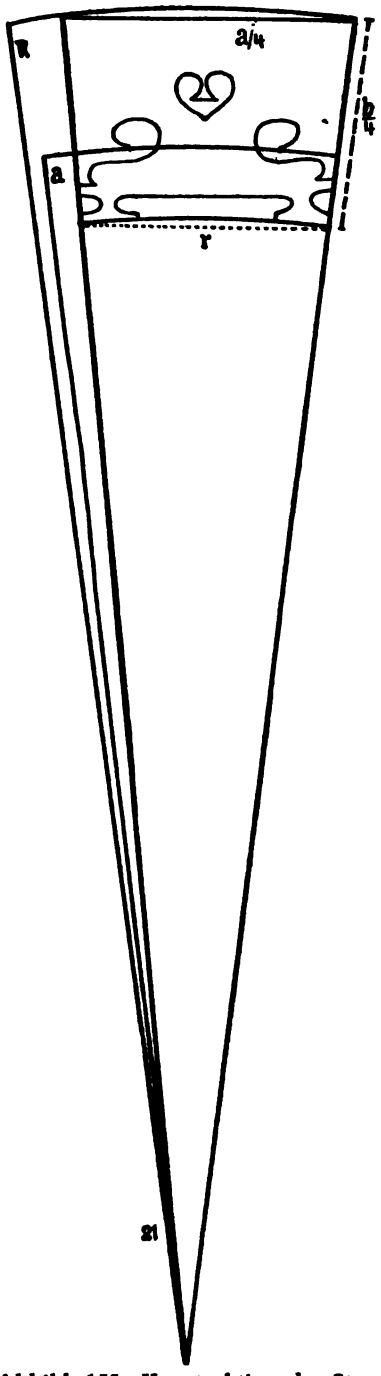
Der Baßbalken

ist eine kleine schmale Leiste aus Fichtenholz, welche an der Decke angeleimt ist. Seine Entfernung von der Mittellinie ist $\frac{r}{4}$ (Abbild. 154), seine Länge auf derselben Abbild. R, die halbe Deckenlänge. Eine der wenigen wichtigen Verbesserungen, welche die Geige seit Stradivari erfahren hat, ist die Verlängerung des Baßbalkens. Seine richtige

Länge beträgt 27 cm. Die Länge des Resonanzraumes beträgt 35 cm. $35 : 27{\cdot}6 = 2\,b : R$. Seine Länge verhält sich zur Länge der Geige wie $a : 2\,R$, $(26{\cdot}9 : 60 = 1 : \sqrt{5})$. Bei der Bratsche (30 cm) ist dasselbe Verhältnis $30 : 67 = a : 2\,R$, ebenso beim Violoncello (57 cm), $56 : 124 = a : 2\,R$. Bei der Baßgeige (88 cm) verhält sich die Länge zu der des Resonanzraumes wie $2\,b : R$, (110 : 87). Es ist dasselbe harmonische Verhältnis wie bei den anderen Saiteninstrumenten. Länge des Baßbalkens verhält sich zur Länge des Instrumentes wie $1 : \sqrt{5}$.

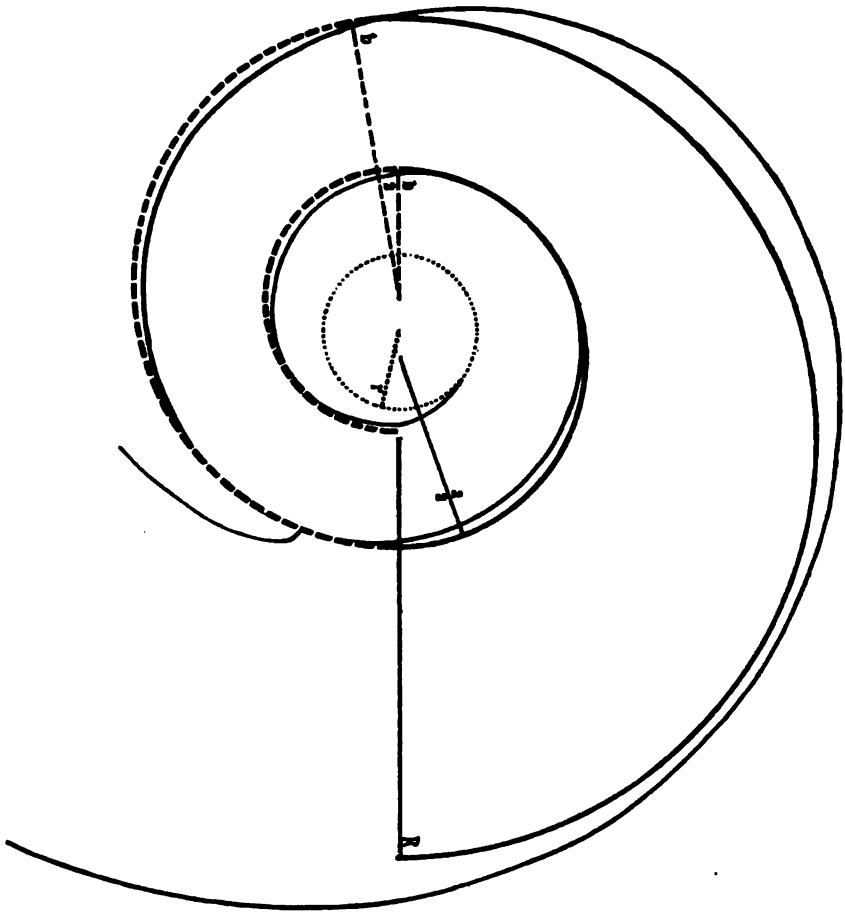
Der Steg

hat mit vollem Rechte diesen Namen, denn er ist eine Brücke, auf welcher die der Richtung des Bogens folgenden Schwingungen der Saiten in senkrechter Richtung auf die Decke der Geige übertragen werden, um von dieser in breiter Fläche, verstärkt durch den Eigenton der vom Geigenkörper eingeschlossenen Luftmenge, an die Außenluft abgegeben zu werden. Die Form des Steges ist eine sonderbare, aber das endgiltige Ergebnis einer Jahrhunderte langen Entwicklung und mannigfaltiger zielbewußter Versuche. Es ist die von Stradivari festgesetzte Form. Die Form erhält man durch einen harmonischen Kreis mit dem Halbmesser von 21 cm. Der Kreis *a* gibt die Lage der Seitenausschnitte (Abbild. 155). Die Höhe des Steges ist dann $\frac{b}{4}$, die



Abbild. 155. Konstruktion des Steges von Stradivari nach dem harm. Dreieck, etwas verkleinert (R = 21 cm).

Breite $\frac{a}{4}$, die untere r. Als Regel gilt, daß der Steg nicht höher als zwei Drittel der Stimme ist. Höchstwahrscheinlich verhalten sich die Höhen



Abbild. 156.

Konstruktion der Schnecke einer Stradivari-Geige nach dem harm. Dreieck.

der Stimme und des Steges wie $a : b \left(1 : \frac{\sqrt{2}}{2}\right)$. Da die Höhe des Steges $\frac{r}{2}$ von der Länge der Decke ($2\,R$) beträgt (Abbild. 149), die obere Breite $\frac{a}{4}$, so ist er auch zur Geige harmonisch.

Die Schnecke.

Der obere Teil des Halses, der Kopf, endigt gewöhnlich in einem schneckenförmigen Gewinde, weswegen man ihn auch häufig die Schnecke nennt. Da dieser Teil nur zur Zierde dient, so kann er auch eine andere Form haben. Die Schnecke ist von den verschiedenen berühmten Meistern ausschließlich nach freier Erfindung geschnitten worden. Abbild. 156 gibt die Umrisse der Schnecke einer Stainerschen Geige; die punktierte Linie sind die harmonischen Kreisbögen mit den Durchmessern $2R$, $2b$, a, b, $2r$. Da der Durchmesser der Schnecke $\frac{R}{8}$ in Abbild. 149 ist, so ist die Schnecke in vollster Harmonie zur Geige. Die Breite beim Übergang der Schnecke in den Wirbelkasten ist a. Für den Bau der Schnecke gibt es auch eine mathematische Konstruktion, die P. O. Apian-Bennewitz in dem genannten Werke in Abbild. 58, Taf. VII anführt.

Der Geigenbogen.

Um der Geige ihre Töne zu entlocken, bedient man sich des Geigenbogens, bestehend aus einem Stabe, an dem mit besonderer Vorrichtung das eigentliche Streichmittel, die Pferdehaare, befestigt sind. Der Stab ist besonders gebogen, die Dicke des kreisrunden Stabes beträgt an einem Ende 8·6 mm, am anderen 5·3 mm ($8{\cdot}6 : 5{\cdot}4 = R : b$). Beim Bogen der Bratsche sind die Maße $9 : 5{\cdot}7$ ($9 : 5{\cdot}7 = R : b$), beim Cellobogen 10·6 und 7·3 ($10{\cdot}6 : 7{\cdot}5 = a : b$). Die Länge des Bogens der Geige beträgt 75, die Länge der Stange allein 73·5 cm, er ist also doppelt so lang als der Geigenkörper. Zur Gesamtlänge der Geige verhält sich die Bogenlänge wie $60 : 75$ oder $R : 2b$ ($60 : 75{\cdot}9$). Der Bogen der Bratsche ist dem Geigenbogen ganz ähnlich, nur etwas schwerer.

Der Violoncellobogen ist 70 cm lang. Das Verhältnis zur Gesamtlänge des Instrumentes ist $124 : 70$ oder $2a : R$ ($125 : 70$) oder $2 : \frac{\sqrt{5}}{2}$.

Der Baßgeigenbogen ist wesentlich verschieden von den anderen. Er hat 70 cm. Das Verhältnis zur Deckenlänge ist $111 : 70$ oder $R : b$ oder $\sqrt{5} : \sqrt{2}$.

Die Saiten.

Die Streichinstrumente sind zumeist mit Darmsaiten, seltener mit seidenen oder stählernen Saiten bezogen. Um jedoch eine zu große

Saiten	Stärke der Saiten in mm				Verhältnis, wenn a = 1	Abweichung	
	gemessen			nach dem harm. Dreieck			
	1/2	3/4	1/1				
Geige							
e	0·72	0·7	0·65	$b = 0{\cdot}695$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$		
a	0·95	0·9	0·85	$b + r = 0{\cdot}899$	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$		
d	1·2	1·15	1·1	$R = 1{\cdot}1$	$\frac{\sqrt{5}}{2}$		
g	0·98	0·95	0·9	$a = 0{\cdot}98$	1		übersponnen
(Viola) Bratsche							
a			0·8	$b + r = 0{\cdot}78$	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$	0·02	
d			1	$R = 0{\cdot}95$	$\frac{\sqrt{5}}{2}$	0·05	
g			0·85	$a = 0{\cdot}85$	1	0·0	übersponnen
c			1·2	$2b = 1{\cdot}2$	$\sqrt{2}$	0·0	übersponnen
Violoncello							
a			1·25	$b = 1{\cdot}1$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	0·15	
d			1·6	$a = 1{\cdot}56$	1	0·04	
G			1·6	$a = 1{\cdot}56$	1	0·04	übersponnen
C			2·2	$2b = 2{\cdot}2$	$\sqrt{2}$	0·0	übersponnen
	1/2	3/4	1/1	1/2	3/4	1/1	
Baßgeige							
G	2·5	2·7	3	$b = 2{\cdot}65$	$b = 2{\cdot}84$	$b = 3{\cdot}03$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
D	3·8	4	4·2	$a = 3{\cdot}76$	$a = 4{\cdot}02$	$a = 4{\cdot}29$	1
C	3·11	3·4	3·8	$4r = 3{\cdot}10$	$4r = 3{\cdot}32$	$b + r = 3{\cdot}92$	$\frac{4(\sqrt{2}-1)}{2}$ oder $\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$ übersp.
A	4·2	4·5	4·8	$R = 4{\cdot}2$	$R = 4{\cdot}5$	$R = 4{\cdot}8$	$\frac{\sqrt{5}}{2}$ „

Dicke der Saiten zu vermeiden, hat man die tiefen Saiten mit Metalldraht übersponnen und die sonst erforderliche Dicke umgangen. Jedes Instrument hat vier Saiten, die bei der Geige, Bratsche und dem Violoncello in Quintabständen, bei der Baßgeige in Quartabständen gestimmt werden. Das Verhältnis der Stärke der Saiten untereinander muß so sein, daß der Ton auf den vier Saiten gleiche Kraft und Fülle hat. Eine Ungleichheit in der Stärke des Tones läßt sich durch die Stärke der Saiten oft ausgleichen. Beistehende Tabelle gibt die Stärken der Saiten — Durchmesser der kreisrunden Querschnitte — nach P. O. Appian-Bennewitz;[1]) für Geige und Baßgeige sind sie auch für die drei verschiedenen Größen der Instrumente angeführt. (Siehe Tabelle auf Seite 298.)

Die durch die Erfahrung herausgefundene Saitenstärke ist harmonisch.

Die Länge der Saiten ist bei jedem Instrument gleich. Die Verhältnisse der Saitenlängen von der Baßgeige, vom Violoncello, von der Bratsche und von der Geige sind in Zentimetern 110·4 : 67 : 34·3 : : 32·5 oder $\sqrt{5} : \sqrt{2} : \frac{\sqrt{2}}{2} : \sqrt{5} - 1$ $\left(R = 110\ b = 69{\cdot}5,\ \frac{b}{2} = 34{\cdot}7,\ d = \right.$ $= 30{\cdot}4$). Abweichungen von den harmonischen Längen sind nur beim Violoncello und bei der Geige.

Der Bau der Geige ist ein harmonischer. Alle Teile haben zum Körper, als dem Hauptteil, die richtigen Verhältnisse. Die Meister im Geigenbau verfertigten ihre Instrumente nach derselben Harmonie, wie sie in der Welt, in der Natur und in der Kunst herrscht. Die Gestalt der Geige ist natürlich nicht das Um und Auf, aber jedenfalls sehr wichtig. Die Konstruktion der Form der Geigen gehört auch zu den Geheimnissen der Geigenmacherkunst.

---

[1]) Zum Vergleich seien auch die von Will Hepwarth geforderten Saitenstärken angeführt.

$e = 0{\cdot}5$	mm	$\frac{a}{2} = 0{\cdot}5$	
$a = 0{\cdot}75$	„	$b = 0{\cdot}707$	
$b = 1{\cdot}125$	„	$R = 1{\cdot}116$	
$g = 1{\cdot}00$	„	$a = 1$	

Im allgemeinen herrschen über die anzuwendenden Saitenstärken recht geteilte Ansichten.

Die Erkenntnis, daß sie mittels des harmonischen Dreieckes konstruiert werden kann, wird auf den Geigenbau nicht ohne Einfluß bleiben. Der Wohlklang einer Geige hängt auch von ihrem harmonischen Bau ab.

E. Tonkunst.

Die Werke der Baukunst, Plastik und Malerei wirken auf das Auge, welches dem Menschen die Linie, die Farben, die Größenverhältnisse, kurz die Schönheit der durch die bildenden Künste dargestellten Idee vermittelt. Tonkunst und Poesie, die beiden redenden Künste, wenden sich durch das Ohr an des Menschen Seele. Allen anerkannt schönen Werken der bildenden Künste liegen die «richtigen» Verhältnisse zugrunde, erkennbar durch das harmonische Dreieck und den harmonischen Kreis.

Welche Verhältnisse herrschen zwischen den Tönen eines Liedes oder einer Symphonie? Empfindet das Ohr nach demselben Maßstabe das Schöne wie das Auge?

Die Verhältnisse der Töne untereinander werden durch die Zahl ihrer Schwingungen in der Sekunde oder durch ihre Wellenlängen angegeben.

Sollen zwei oder mehrere Töne auf das Ohr angenehm und schön wirken, so müssen auch ihre Wellenlängen oder Schwingungszahlen in «richtigen» Verhältnissen stehen. Den Schlüssel zu ihrer Erkenntnis bildet wie in den bildenden Künsten das harmonische Dreieck und der harmonische Kreis.

Außerdem spielt das im Rechteck 2 : 3 gegebene Verhältnis eine wichtige Rolle. Baukunst und Musik, beides freischaffende, ohne Vorbilder schaffende Künste, stehen auch in der häufigen Verwendung dieses Verhältnisses einzig da.

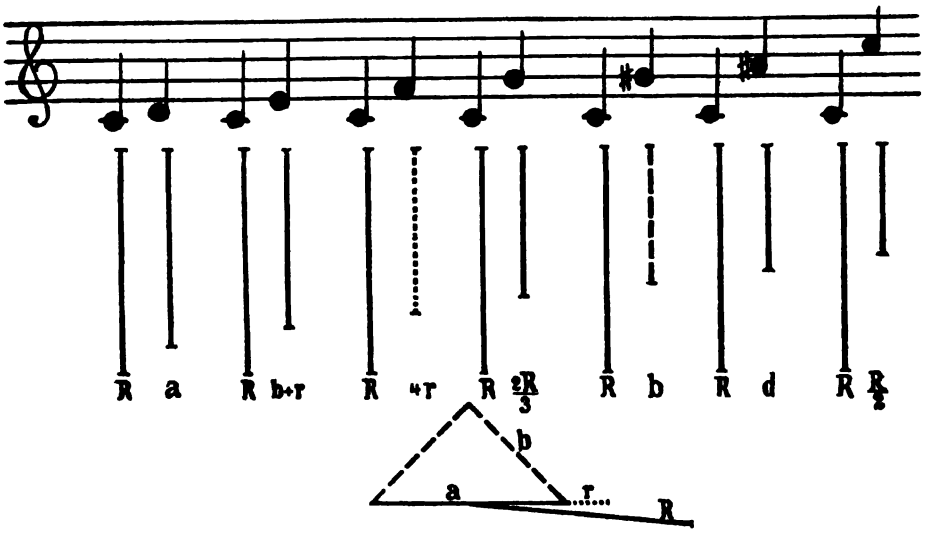
Intervalle. Das Verhältnis, in welchem ein Ton zu einem andern in bezug auf seine Entfernung steht, heißt Intervall, Tonabstand. Die gebräuchlichsten sind Prim, Sekund, Terz, Quart, Quint, Sext, Septim und Oktav. Die über die Oktav hinausreichenden Intervalle sind nur Wiederholungen der ersten in höherer Lage.

Folgende zwei Tabellen geben die Wellenlängen und Schwingungszahlen der Intervalle nach der gebräuchlichen temperierten Stimmung an.

Intervall	Wellenlänge		Abweichung	Verhältnis, wenn das jeweilige $a = 1$
	gemessen in m	nach dem harm. Dreieck		
Prim	$c = 0{\cdot}661$ $c = 0{\cdot}661$			$1 : 1$
Sekund, kleine	$c = 0{\cdot}661$ $cis = 0{\cdot}624$	$2R = 0{\cdot}661$ $3b = 0{\cdot}627$	$0{\cdot}003$	$\sqrt{5} : \frac{3\sqrt{2}}{2}$
Sekund, große	$e = 0{\cdot}661$ $d = 0{\cdot}589$	$R = 0{\cdot}661$ $a = 0{\cdot}591$	$0{\cdot}002$	$\frac{\sqrt{5}}{2} : 1$
Terz, kleine	$c = 0{\cdot}661$ $dis = 0{\cdot}556$	$a = 0{\cdot}661$ $4r = 0{\cdot}5472$	$0{\cdot}0088$	$1 : 2(\sqrt{2} - 1)$
Terz, große	$c = 0{\cdot}661$	$2b = 0{\cdot}6625$ $R = 0{\cdot}524$	$0{\cdot}001$	$\sqrt{2} : \frac{\sqrt{5}}{2}$
		oder		
	$e = 0{\cdot}524$	$R = 0{\cdot}661$ $b + r = 0{\cdot}540$	$0{\cdot}016$	$\sqrt{5} : 2\sqrt{2} - 1$
Quart, reine	$c = 0{\cdot}661$ $f = 0{\cdot}495$	$R = 0{\cdot}661$ $4r = 0{\cdot}4896$	$0{\cdot}0054$	$\frac{\sqrt{5}}{2} : 2(\sqrt{2} - 1)$
Quart, übermäßige . . .	$c = 0{\cdot}661$ $fis = 0{\cdot}467$	$a = 0{\cdot}661$ $b = 0{\cdot}4673$	$0{\cdot}0003$	$1 : \frac{\sqrt{2}}{2}$
Quint, reine	$c = 0{\cdot}661$	$R = 0{\cdot}661$		
	$g = 0{\cdot}454$	$\frac{2R}{3} = 0{\cdot}44$	$0{\cdot}014$	$3 : 2$
Quint, übermäßige . . .	$c = 0{\cdot}661$ $gis = 0{\cdot}416$	$R = 0{\cdot}661$ $b = 0{\cdot}418$	$0{\cdot}002$	$\sqrt{5} : \sqrt{2}$
Sext, große	$c = 0{\cdot}661$ $a = 0{\cdot}393$	$b = 0{\cdot}661$ $2r = 0{\cdot}385$	$0{\cdot}008$	$\frac{\sqrt{2}}{2} : \sqrt{2} - 1$
Sext, übermäßige	$c = 0{\cdot}661$	$a = 0{\cdot}661$		
		$\frac{R}{2} = 0{\cdot}37$	$0{\cdot}001$	$1 : \frac{\sqrt{5}}{4}$
		oder		
	$ais = 0{\cdot}371$	$R = 0{\cdot}661$ $d = 0{\cdot}365$	$0{\cdot}006$	$\sqrt{5} : \sqrt{5} - 1$
Septime, große	$c = 0{\cdot}661$ $h = 0{\cdot}351$			
Oktav, reine	$c = 0{\cdot}661$	$R = 0{\cdot}661$		
	$c_1 = 0{\cdot}331$	$\frac{R}{2} = 0{\cdot}331$	0	$2 : 1$

Intervall	Schwingungszahl		Abweichung	Verhältnis, wenn das jeweilige $a = 1$
	gemessen	nach dem harm. Dreieck		
Prim	$c = 517{\cdot}3$ $c = 517{\cdot}3$			$1 : 1$
Sekund, kleine	$c = 517{\cdot}3$ $cis = 548$	$3b = 519{\cdot}9$ $2R = 548$	2·6	$\frac{3\sqrt{2}}{2} : \sqrt{5}$
Sekund, große	$c = 517{\cdot}3$ $a = 580{\cdot}6$	$a = 518{\cdot}8$ $R = 580$	1·5	$1 : \frac{\sqrt{5}}{2}$
Terz, kleine	$c = 517{\cdot}3$ $dis = 615{\cdot}2$	$4r = 513$ $a = 617$		$2(\sqrt{2}-1) : 1$
Terz, große	$c = 517{\cdot}3$ $e = 651{\cdot}8$	$R = 517{\cdot}3$ $2b = 654{\cdot}0$	2·2	$\frac{\sqrt{5}}{2} : \sqrt{2}$
Quart, reine	$c = 517{\cdot}3$ $f = 690{\cdot}5$	$4r = 513$ $R = 690$	4·2	$2(\sqrt{2}-1) : \frac{\sqrt{5}}{2}$
Quart, übermäßige . . .	$c = 517{\cdot}3$ $fis = 731{\cdot}6$	$b = 517{\cdot}2$ $a = 731{\cdot}6$	0·1	$\frac{\sqrt{2}}{2} : 1$
Quint, reine	$c = 517{\cdot}3$ $g = 775{\cdot}1$	$\frac{2R}{3} = 517{\cdot}6$ $R = 775{\cdot}1$	0·3	$2 : 3$
Quint, übermäßige . . .	$c = 517{\cdot}3$ $gis = 821{\cdot}2$	$b = 518{\cdot}6$ $R = 820$		$\sqrt{2} : \sqrt{5}$
Sext, große	$c = 517{\cdot}3$ $a = 870$	$2r = 513$ $b = 870$	4·3	$2(\sqrt{2}-1) : \sqrt{2}$
Sext, übermäßige	$c = 517{\cdot}3$ $ais = 921{\cdot}7$	$d = 508{\cdot}5$ $R = 920$ $\frac{R}{2} = 517{\cdot}3$ $a = 924$	2·3	$\sqrt{5}-1 : \sqrt{5}$ $\frac{\sqrt{5}}{4} : 1$
Septime, große	$c = 517{\cdot}3$ $h = 976{\cdot}5$			
Oktav	$c = 517{\cdot}3$ $c_1 = 1034{\cdot}6$	$R = 617{\cdot}3$ $2R = 1034{\cdot}6$	0	$1 : 2$

Das Verhältnis der kleinen Sekund $2R:3b$ ist selten. In der Baukunst kommt es in der Stufenlänge des Parthenonunterbaues (Abbild. 39) vor, die unterste Stufe ist $2R$ lang, dann folgt $3b$ und $2a$. Die Töne *c*, *cis*, *d* stehen in denselben Verhältnissen. Schöne harmonische Verhältnisse weisen die große Terz, $2b:R$ oder $R:b+r$, weiters die übermäßige Quart, $a:b$, und die übermäßige Quinte, $R:b$, auf. Das Verhältnis 2:3 trifft für die Quinte zu, auf der auch die Tonleiter des Pythagoras aufgebaut ist. Wenig schöne Verhält-



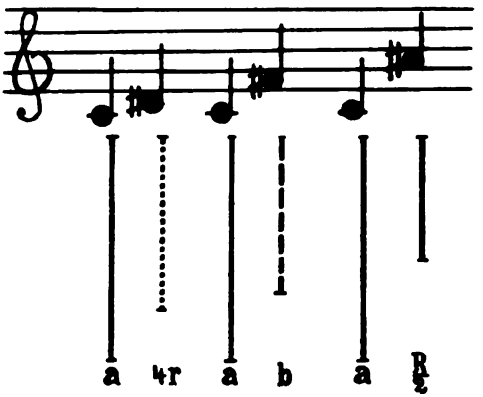
Abbild. 157.

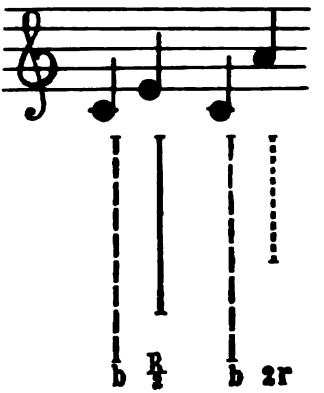
Wellenlängen der Intervalle: Große Sekund, große Terz, reine Quart, reine Quint, übermäßige Quint, übermäßige Sext und Oktav.

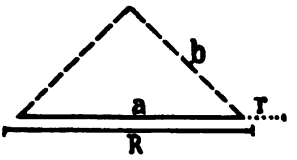
nisse bilden die große und übermäßige Sext, disharmonisch ist die Septime. Nur die redenden Künste können sich Disharmonien erlauben, um den Wohlklang der nachfolgenden Harmonie noch zu steigern. Unrichtige Verhältnisse, Disharmonien, sind für die bildenden Künste, die nur im Nebeneinander, im Raume, schaffen, unmöglich, für die redenden Künste aber, die auch im Nacheinander, in der Zeit,[1]) wirken, anwendbar.

[1]) Der Beginn der Musik liegt in dem Takt, Rhythmus, dessen richtige Verhältnisse zu lösen mangels ungenügender Handhabe derzeit fast unmöglich ist. Denn der vorgeschriebene Takt ist nur eine grobe Näherung für die Harmonie der

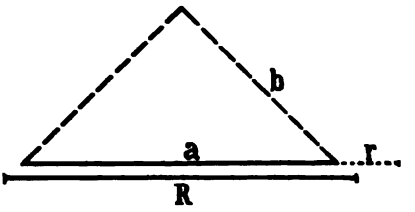
Akkorde. Aus verschiedenen Intervallen nach gewissen Regeln zusammengesetzte Tonverbindungen heißen Akkorde. Die Grundakkorde sind der Dreiklang und Septimakkord. Der Dreiklang besteht aus Grundton, Terz und Quinte und hat je nach Verwendung verschiedener Terzen und Quinten mehrere Arten. Der große Dreiklang, auch Durdreiklang genannt (Abbild. 160), besteht aus Grundton, großer Terz und reiner Quint, der kleine Dreiklang oder







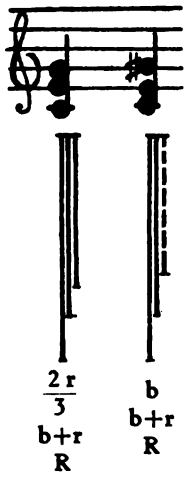
Abbild. 158. Wellenlängen der Intervalle: Kleine Terz, übermäßige Quart und übermäßige Sext.



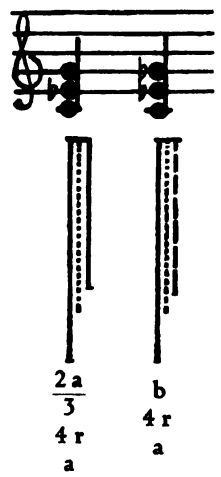
Abbild. 159. Wellenlängen der Intervalle: Große Terz und große Sext.

Molldreiklang (Abbild. 161) aus kleiner Terz und reiner Quint, der verminderte (Abbild. 161) aus kleiner Terz und übermäßiger Quart (= verminderte Quint), der übermäßige Dreiklang (Abbild. 160) aus großer Terz und übermäßiger Quint.

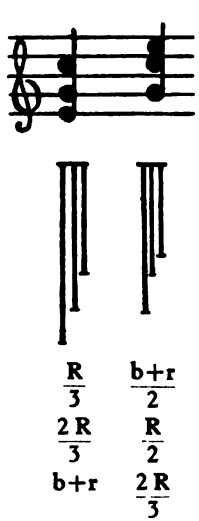
Zeit. Der Dirigent gibt den Takt nicht gleichmäßig wie ein Metronom, sondern nach seinem Taktgefühl, das sich nicht anlernen läßt, sondern angeboren sein muß wie das harmonische Gefühl des Malers für Linie und Farbe.



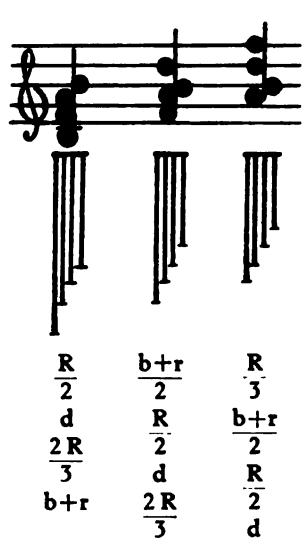
Abbild. 160. Wellenlängen der Akkorde: großer Dreiklang, übermäßiger Dreiklang.



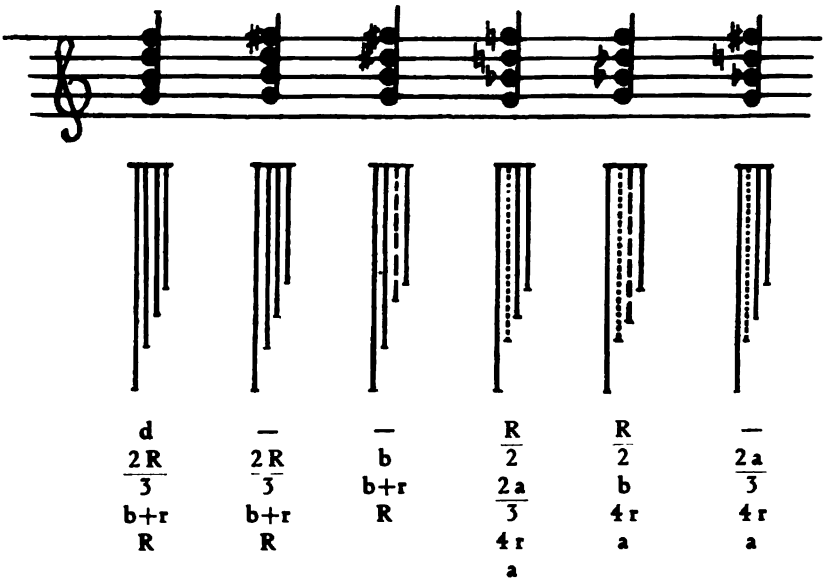
Abbild. 161. Wellenlängen der Akkorde: kleiner Dreiklang und verminderter Dreiklang.



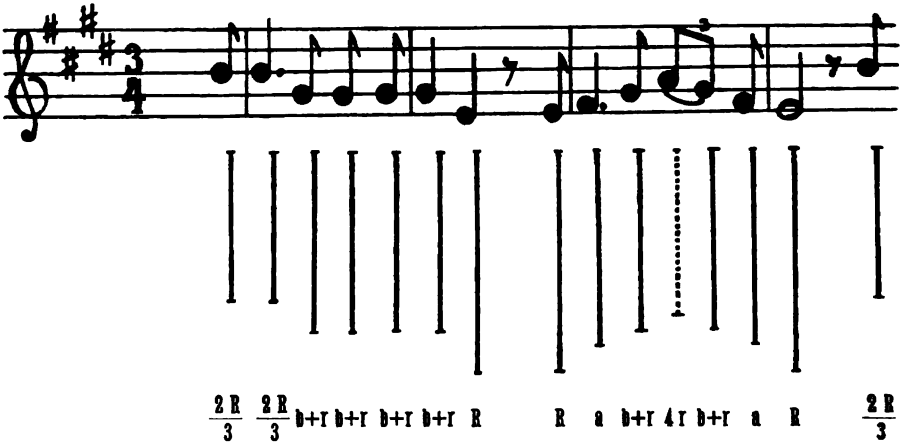
Abbild. 162. Wellenlängen der Akkorde: Sextakkord und Quartsextakkord.



Abbild. 163. Wellenlängen der Akkorde: Quintsextakkord, Terzquartakkord und Sekundakkord.

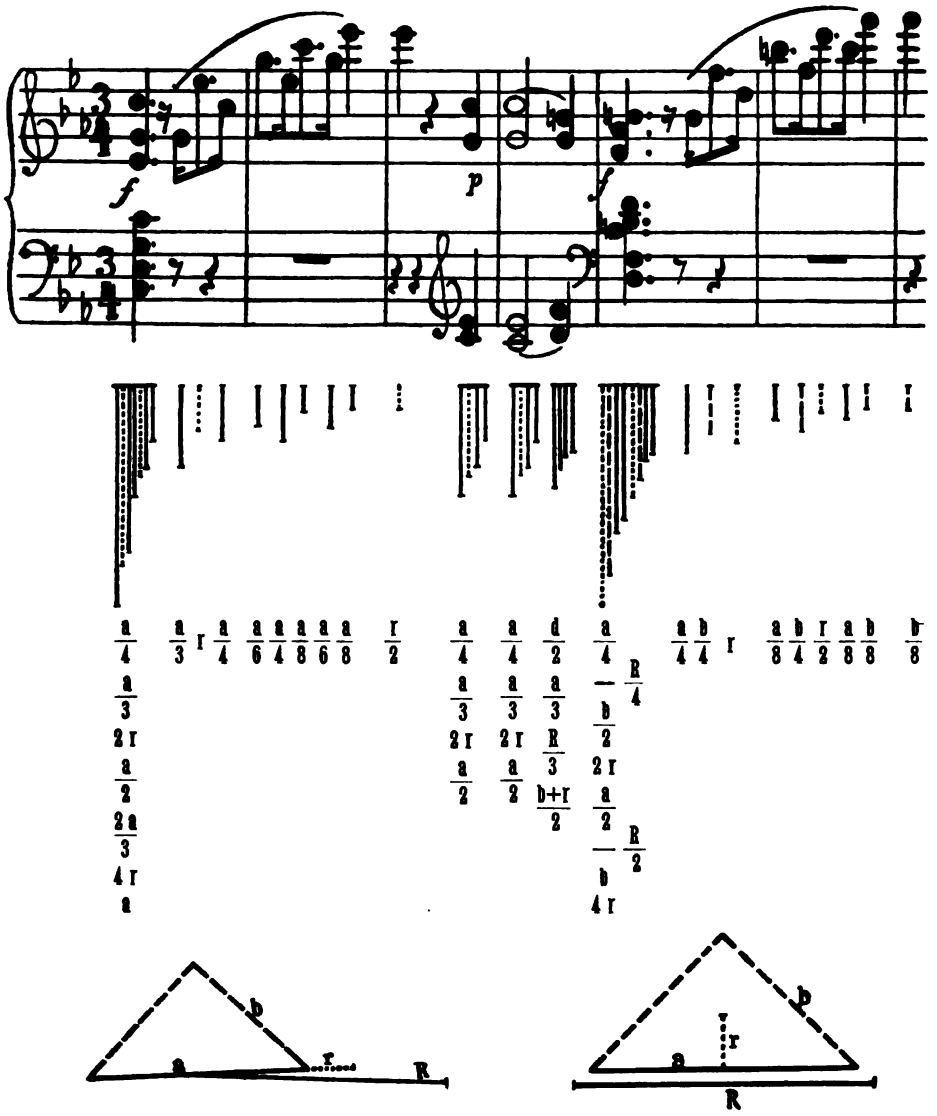


Abbild. 164. Wellenlängen verschiedener Septimenakkorde.



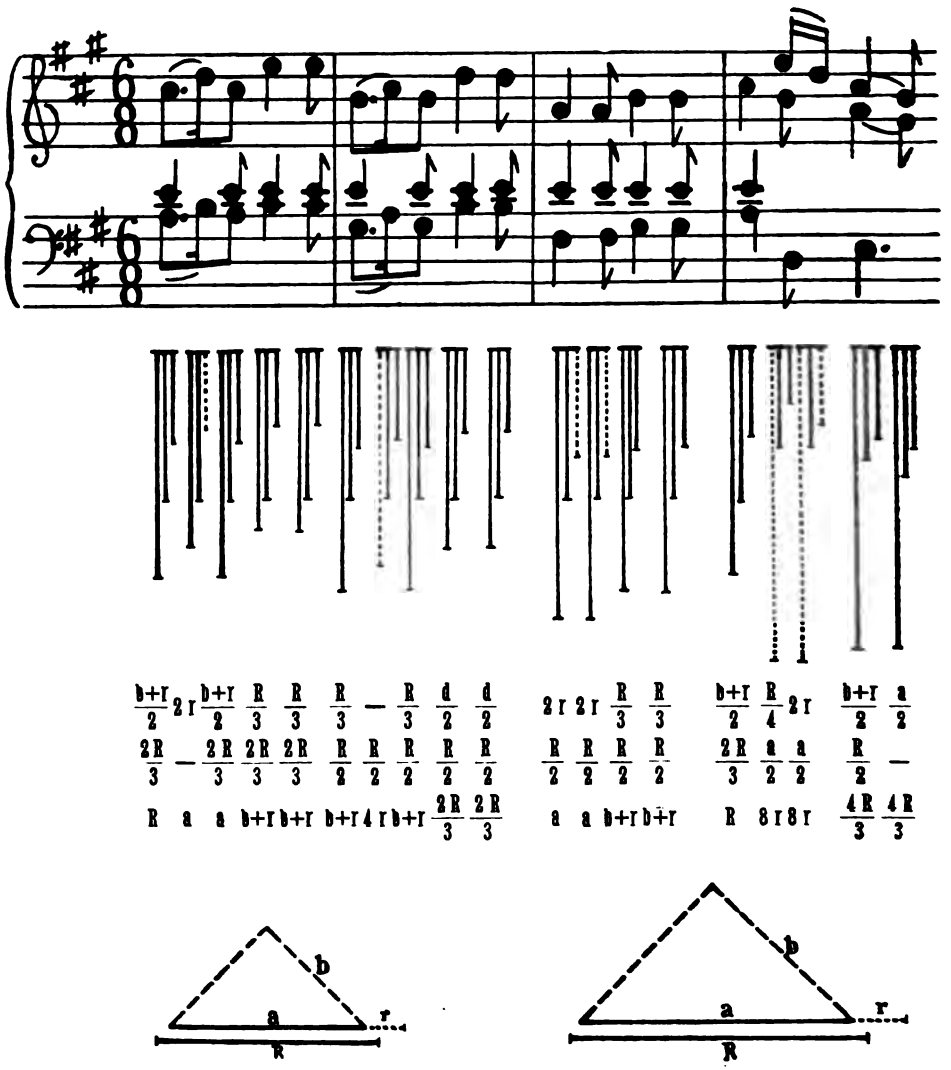
Abbild. 165. «Der Lindenbaum» von Franz Schubert. Unterhalb der Noten die Wellenlängen der Töne. (Siehe harmonisches Dreieck, Abbild. 157.)

Die Wellenlängen der Dreiklänge sind harmonisch. Beim großen und übermäßigen Dreiklang wird die Wellenlänge des Grundtones als *R* angenommen, bei den kleinen und verminderten als *a*.



Abbild. 166. Molto allegro con brio der Sonate Op. 10, Nr. 1 von L. v. Beethoven. Unterhalb der Noten die Wellenlängen der Töne.

Der Grundton der vier erwähnten Dreiklänge liegt im Baß. Erhält der Baß die Terz oder Quint des Grundakkordes, so entstehen Umkehrungen, welche Sextakkord und Quartsextakkord heißen (Abbild. 162). Ihre Wellenlängen sind gleichfalls harmonisch.



Abbild. 167. Andante grazioso der Sonate Nr. 12 von W. v. Mozart. Unterhalb der Noten die Wellenlängen der Töne.

Die Septimenakkorde oder Vierklänge bauen sich auf Dreiklänge durch Hinzufügen einer Terz zur Quinte des Dreiklanges auf. Sie bilden nur in Verbindung mit dem Dreiklang etwas Vollständiges, Abgeschlossenes. Außer dem Hauptseptimenakkord, auch Dominantseptimenakkord genannt, werden noch fünf Nebenseptimenakkorde

unterschieden. Diese sind zum Teil ohne Zusammenhang mit anderen Akkorden hart und klingen deshalb fremdartig. Die Verhältnisse ihrer Wellenlängen sind auch nicht immer harmonisch. Drei Septimenakkorden mit großen Septimen fehlt eine vollständige Harmonie, wie aus Abbild. 163 zu ersehen ist.

Die gebräuchlichsten Umkehrungen der Septimenakkorde sind der Quintsextakkord, der Terzquartakkord und der Sekundakkord (Abbild. 164).

Die Intervalle und Akkorde haben mit Ausnahme dreier Septimenakkorde durchwegs harmonische Wellenlänge.

Die Abbild. 165, 166, 167 bringen Beispiele der Verhältnisse der Wellenlängen in ein paar Tonkunstwerken. Das bekannte Lied «Der Lindenbaum» von Franz Schubert hat sehr einfache harmonische Verhältnisse. Komplizierter hingegen sind die Wellenlängenverhältnisse bei den beiden anderen, besonders der Akkorde, in denen einige Disharmonien vorkommen. Außerdem ist für alle Motive oder Wiederholung desselben Motives in anderer Lage nicht immer dasselbe Dreieck ausreichend. Die Wellenlängen innerhalb eines Motives sind in der Regel mit demselben Dreiecke darstellbar.

Die Proportionalität in der Kunst.

In einem Bauwerk werden leblose Massen einer Idee dienstbar gemacht. Der Baumeister schafft aus ihnen ohne Vorbilder ein für sich abgeschlossenes Ganzes. Ihre Anordnung erfolgt aber nicht bloß, um Räume zu schaffen, sondern auch in einer Verhältnismäßigkeit, daß der Bau auch schön ist. Die Proportion ist ja von allen Elementen der Schönheit, welche der Baumeister in das Ganze und in die Glieder des Baues zu legen hat, das Geistigste, das ihm nicht gelehrt werde, sondern ihm gegeben ist und ihn als gottbegnadigten Künstler kennzeichnet.

Der Bildhauer formt aus Ton und Marmor die Schönheit des menschlichen Körpers. Die Proportion der Teile zum Ganzen gehört auch da zu den Grundbedingungen des Schönen.

Zur Darstellung einer Idee dient der Malerei die Linie und die Farbe. Die Schönheit verlangt richtige Verhältnisse der Linien untereinander und der Farben.

Überall, wo der Mensch Schönes schafft, steht er im Banne der Harmonie, die um so deutlicher und einfacher sich offenbart, je größer der schöpferische Genius. Sei es, daß er der Gottheit eine Wohnung

baut, oder aus rohem Stein Menschen meißelt, oder mit Stift und Pinsel arbeitet, oder in der höchsten der Künste die schönsten Harmonien erklingen läßt, überall folgt er der Harmonie, die in ebenso einfacher Weise durch das harmonische Dreieck und den harmonischen Kreis enträtselt wird, wie die Anordnung der Gestirne im Weltall und der Bau der zahlreichen Formen in der Natur.

ANHANG.

Tabelle
zur Berechnung harmonischer Verhältnisse.

Zur Auffindung harmonischer Verhältnisse kann folgende Tabelle benützt werden.

Links von den Zahlenreihen sind die harmonischen Verhältnisse durch die im Buche durchwegs angewendeten Buchstaben *R*, *a*, *b*, *r*, *d* angegeben, rechts durch Zahlen, wobei $a = 1$ ist.

R	0·5	1	1·5	2	2·5	3	3·5	4	4·5	5	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	0·447	0·894	1·34	1·787	2·236	2·689	3·13	3·57	4·02	4·47	1
b	0·316	0·632	0·948	1·265	1·58	1·897	2·21	2·53	2·84	3·16	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	0·632	1·264	1·899	2·53	3·162	3·795	4·42	5·06	5·69	6·32	$\sqrt{2}$
$b+r$	0·408	0·817	1·225	1·635	2·04	2·45	2·85	3·27	3·67	4·08	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	0·092 6	0·185	0·276	0·37	0·46	0·553	0·64	0·74	0·83	0·92 6	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	0·277	0·553	0·73	1·107	1·38	1·656	1·93	2·22	2·49	2·77	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	5·5	6	6·5	7	7·5	8	8·5	9	9·5	10	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	4·919	5·37	5·75	6·26	6·72	7·15	7·60	8·05	8·49	8·94	1
b	3·47	3·79	4·11	4·42	4·74	5·06	5·37	5·69	6·0	6·32	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	6·95	7·59	8·22	8·85	9·48	10·12	10·75	11·38	12·01	12·64	$\sqrt{2}$
$b+r$	4·49	4·90	5·31	5·72	6·12	6·54	6·94	7·35	7·76	8·17	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	1·018	1·10	1·20	1·29	1·38	1·48	1·57	1·66	1·75	1·85	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	3·05	3·32	3·63	3·87	4·14	4·43	4·7	4·97	5·25	5·53	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	10·5	11	11·5	12	12·5	13	13·5	14	14·5	15	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	9·39	9·84	10·28	10·73	11·18	11·51	12·07	12·52	12·97	13·44	1
b	6·64	6·95	7·27	7·58	7·90	8·22	8·53	8·85	9·17	9·48	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	13·28	13·91	14·54	15·17	15·81	16·44	17·07	17·70	18·34	18·97	$\sqrt{2}$
$b+r$	8·58	8·99	9·40	9·81	10·22	10·62	11·03	11·44	11·85	12·25	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	1·94	2·03	2·12	2·22	2·31	2·40	2·50	2·59	2·68	2·76	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	5·80	6·08	6·36	6·64	6·91	7·25	7·47	7·74	8·02	8·28	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$
R	15·5	16	16·5	17	17·5	18	18·5	19	19·5	20	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	13·86	14·31	14·76	15·20	15·65	16·1	16·50	16·99	17·4	17·87	1
b	9·80	10·12	10·43	10·75	11·06	11·38	11·70	12·01	12·33	12·65	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	19·60	20·24	20·87	21·50	22·12	22·76	23·40	24·02	24·66	25·3	$\sqrt{2}$
$b+r$	12·67	13·08	13·48	13·89	14·29	14·71	15·12	15·52	15·95	16·35	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	2·87	2·96	3·05	3·14₇	3·23	3·33	3·92	3·51₅	3·62	3·7	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	8·67	8·85	9·12	9·40	9·68	9·95	10·25	10·50	10·8	11·07	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	20·5	21	21·5	22	22·5	23	23·5	24	24·5	25	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	18·33	18·78	19·23	19·68	20·13	20·57	21·02	21·47	21·91	22·36	1
b	12·96	13·28	13·59	13·91	14·23	14·54	14·86	15·17	15·49	15·81	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	25·93	26·56	27·19	27·82	28·46	29·09	29·72	30·35	30·99	31·62	$\sqrt{2}$
$b+r$	16·76	17·16	17·58	17·98	18·39	18·80	19·21	19·62	20·03	20·44	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	3·79	3·88	3·98	4·07	4·17	4·257	4·35	4·44	4·537	4·63	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	11·34	11·61	11·88	12·66	12·44	12·72	12·99	13·27	13·55	13·82	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$
R	25·5	26	26·5	27	27·5	28	28·5	29	29·50	30	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	22·81	23·03	23·71	24·15	24·59	25·04	25·49	25·94	26·39	26·89	1
b	16·125	16·44	16·76	17·07	17·39	17·70	18·01	18·34	18·65	18·97	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	32·25	32·88	33·52	34·15	34·78	35·41	36·02	36·68	37·31	37·95	$\sqrt{2}$
$b+r$	20·89	21·25	21·66	22·07	22·48	22·887	23·28	23·71	24·11	24·50	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	4·72	4·81	4·90	5·00	5·09	5·18	5·27	5·37	5·46	5·53	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	14·09	14·49	14·64	14·925	15·21	15·48	15·76	16·03	16·31	16·56	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	30·5	31	31·5	32	32·5	33	33·5	34	34·5	35	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	27·28	27·73	28·17	28·62	29·06	29·52	29·96	30·41	30·86	31·3	1
b	19·29	19·60	19·92	20·24	20·55	20·87	21·18	21·50	21·82	22·12	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	38·58	39·21	39·84	40·48	41·10	41·74	42·37	43·0	43·64	44·25	$\sqrt{2}$
$b+r$	24·94	25·34	25·75	26·16	26·56	26·98	27·39	27·79	28·21	28·59	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	5·65	5·74	5·83	5·92	6·01 7	6·11	6·20 5	6·29 5	6·39	6·47	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	16·86	17·14	17·42	17·69	17·97	18·24	18·52	18·79	19·07	19·35	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$
R	35·5	36	36·5	37	37·5	38	38·5	39	39·5	40	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	31·75	32·20	32·65	33·10	33·50	33·99	34·44	34·88	35·33	35·78	1
b	22·45	22·76	23·08	23·40	23·71	24·02	24·34	24·66	24·98	25·29	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	44·90	45·53	46·17	46·80	47·43	48·05	48·69	49·33	49·96	50·59	$\sqrt{2}$
$b+r$	29·02	29·43	29·84	30·25	30·61	31·05	31·47	31·91	32·29	32·70	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	6·57 5	6·66 5	6·76	6·85	6·94 5	7·03	7·12 5	7·22 5	7·31	7·40 5	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	19·63	19·9	20·17 5	20·45	20·75	21·01	21·28	21·56	21·84	22·11	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	40·5	41	41·5	42	42·5	43	43·5	44	44·5	45	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	36·23	36·67	37·12	37·57	38·01	38·46	38·91	39·36	39·805	40·26	1
b	25·615	25·93	26·24	26·56	26·875	27·195	27·51	27·825	28·14	28·46	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	51·23	51·86	52·49	53·12	53·75	54·39	55·02	55·65	56·285	56·92	$\sqrt{2}$
$b+r$	33·11	33·52	33·93	34·335	34·74	35·16	35·565	35·97	36·38	36·79	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	7·505	7·59	7·685	7·773	7·87	7·965	8·055	8·145	8·24	8·33	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	22·38	22·62	22·94	23·22	23·5	23·77	24·05	24·32	24·6	24·87	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	45·5	46	46·5	47	47·5	48	48·5	49	49·5	50	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	40·70	41·15	41·59	42·04	42·48	42·94	43·37	43·83	44·28	44·72	1
b	28·775	29·09	29·405	29·725	30·025	30·355	30·67	30·99	31·30	31·62	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	57·55	58·18	58·81	59·45	60·05	60·71	61·34	61·98	62·61	63·24	$\sqrt{2}$
$b+r$	37·20	37·605	38·015	38·43	38·81	39·24	39·655	40·065	40·47	40·88	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	8·425	8·515	8·61	8·705	8·785	8·885	8,98	9·075	9·165	9·26	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	25·15	25·43	25·71	25·98	26·26	26·53	26·82	27·09	27·36	27·64	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	50·5	51	51·5	52	52·5	53	53·5	54	54·5	55	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	45·17	45·62	46·06	46·50	46·96	47·42	47·86	48·30	48·74	49·19	1
b	31·94	32·25	32·57	32·885	33·20	33·52	33·83	34·15	34·47	34·78	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	63·88	64·50	65·14	65·77	66·40	67·04	67·66	68·30	68·94	69·56	$\sqrt{2}$
$b+r$	41·29	41·69	42·11	42·51	42·92	43·33	43·73	44·15	44·57	44·965	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	9·35	9·44	9·54	9·63	9·72	9·81	9·90	10·0	10·10	10·185	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	27·92	28·19	28·47	28·75	29·02	29·29	29·57	29·85	30·13	30·41	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	55·5	56	56·5	57	57·5	58	58·5	59	59·5	60	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	49·64	50·09	50·54	50·98	51·44	51·88	52·32	52·78	53·22	53·78	1
b	35·10	35·41	35·73	36·045	36·36	36·68	36·99	37·31	37·63	37·95	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	70·20	70·82	71·46	72·09	72·72	73·36	73·98	74·62	75·26	75·90	$\sqrt{2}$
$b+r$	45·38	45·775	46·19	46·60	47·00	47·42	47·82	48·23	48·65	49·01	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	10·28	10·365	10·46	10·555	10·64	10·74	10·83	10·92	11·02	11·06	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	30·68	30·96	31·23	31·51	31·78	32·06	32·34	32·61	32·89	33·11	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	60·5	61	61·5	62	62·5	63	63·5	64	64·5	65	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	54·12	54·56	55·10	55·46	55·90	56·35	56·80	57·24	57·68	57·57	1
b	38·26	38·58	38·89	39·21	39·53	39·84	40·16	40·48	40·79	41·10	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	76·52	77·16	77·78	78·42	79·06	79·68	80·32	80·96	81·58	82·2	$\sqrt{2}$
$b+r$	49·46	49·88	50·23	50·69	51·11	51·505	51·92	52·335	52·74	53·1	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	11·20	11·30	11·34	11·48	11·58	11·665	11·76	11·855	11·95	12·035	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	33·44	33·72	34·0	34·27	34·55	34·825	35·10	35·855	35·66	36·22	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	65·5	66	66·5	67	67·5	68	68·5	69	69·5	70	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	58·60	59·04	59·48	59·92	60·38	60·82	61·28	61·72	62·16	62·6	1
b	41·42	41·74	42·06	42·37	42·69	43·0	43·32	43·64	43·95	44·25	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	82·84	83·48	84·12	84·74	85·38	86·0	86·64	87·28	87·90	88·50	$\sqrt{2}$
$b+r$	53·54	53·96	54·38	54·78	55·19	55·59	56·0	56·42	56·82	57·20	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	12·12	12·22	12·32	12·41	12·50	12·59	12·68	12·78	12·87	12·95	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	36·2	36·48	36·76	37·04	37·31	37·59	37·86	38·14	38·42	38·7	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	70·5	71	71·5	72	72·5	73	73·5	74	74·5	75	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	63·06	63·5	63·96	64·40	64·85	65·30	65·74	66·2	66·64	67·08	1
b	44·58	44·9	45.22	45·53	45·85	46·17	46·48	46·8	47·11 5	47·43	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	89·16	89·8	90.44	91·06	91.70	92·34	92·96	93·6	94·23	94·87	$\sqrt{2}$
$b+r$	57·63	58·05	58·46	58.86	59·27 5	59·69	60·09	60·5	60·94 5	61·22	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	13·05	13·15	13·24	13·33	13·42 5	13·52	13·61	13·7	13·83	13.89	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	38·97	39·25	39·52	39·8	40·07 5	40·35	40·63	40·9	41·18	41·46	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	75·5	76	76·5	77	77·5	78	78·5	79	79·5	80	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	67·53	67·98	68·42	68·88	69·32	69·76	70·22	70·66	71·11	71·56	1
b	47·75	48·07	48·38	48·69	49·01	49·33	49·64	49·96	50·27	50·59	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	95·50	96·14	96·76	97·38	98·02	98·66	99·28	99·92	100·54	101·18	$\sqrt{2}$
$b+r$	61·73 5	62·15	62·55	62·94	63·36	63·82	64·17	64·59	64·98 5	65·40	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	13·98 5	14·08	14·17	14·25	14·35	14·45	14·53	14·63	14·71 5	14·81	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	41·74	42·01	42·29	42·56	42·84	43·12	43·39	43·67	43·95	44·22	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	80·5	81	81·5	82	82·5	83	83·5	84	84·5	85	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	72·0	72·46	72·9	73·34	73·80	74·24	74·68	75·14	75·58	76·02	1
b	50·91	51·23	51·54	51·86	52·17	52·49	52·81	53·12	53·44	53·75	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	101·82	102·46	103·08	103·72	104·34	104·98	105·62	106·24	106·88	107·50	$\sqrt{2}$
$b+r$	65·82	66·24	66·63	67·05	67·44	67·86	68·28	68·67	69·09	69·49	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	14·91	15·01	15·09	15·19	15·27	15·37	15·47	15·55	15·65	15·74	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	44·5	44·77	45·05	45·33	45·6	45·88	46·16	46·43	46·71	46·99	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	85·5	86	86·5	87	87·5	88	88·5	89	89·5	90	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	76·48	76·92	77·37	77·82	78·26	78·72	79·18	79·61	80·06	80·52	1
b	54·07	54·39	54·71	55·02	55·34	55·65	55·97	56·28 5	56·60	56·92	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	108·14	108·78	109·42	110·04	110·68	111·30	111·94	112·57	113·20	113·84	$\sqrt{2}$
$b+r$	69·90	70·32	70·73 5	71·13	71·55	71·94	72·35	72·76 5	73·17	73·58	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	15·83	15·93	16·02 5	16·11	16·21	16·29	16·38	16·48	16·57	16·66	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	47·26	47·59	47·82	48·09	48·37	48·64	48·91	49·19	49·47	49·74	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	90·5	91	91·5	92	92·5	93	93·5	94	94·5	95	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	80·94	81·40	81·84	82·30	82·74	83·18	83·64	84·08	84·52	84·97	1
b	57·23	57·55	57·87	58·18	58·50	58·81	59·13	59·45	59·76	60·05	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
2 b	114·46	115·10	115·74	116·36	117·00	117·62	118·26	118·90	119·52	120·1	$\sqrt{2}$
b + *r*	73·99	74·40	74·82	75·21	75·63	76·03	76·44	76·86	77·26	77·62	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	16·76	16·85	16·95	17·03	17·13	17·22	17·31	17·41	17·50	17·57	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	50·03	50·3	51·58	50·85	51·13	51·51	51·68	51·96	52·24	52·52	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$
R	95·5	96	96·5	97	97·5	98	98·5	99	99·5	100	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	85·42	85·88	86·32	86·74	87·20	87·66	88·10	88·56	89·00	89·44	1
b	60·39	60·71	61·03	61·34	61·66	61·98	62·29	62·61	62·93	63·24	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
2 b	120·78	121·42	122·06	122·68	123·32	123·96	124·58	125·22	125·86	126·48	$\sqrt{2}$
b + *r*	78.07	78·48	78·90	79·31	79·72	80·13	80·53	80·94	81·36	81·76	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	17·68	17·77	17·87	17·97	18·06	18·15	18·24	18·33	18·43	18·52	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	52·79	53·06	53·34	53·63	53·9	54·17	54·45	54·72	55·0	55·28	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

101—120.

R	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	90·34	91·23	92·12	93·02	93·92	94·82	95·70	96·6	97·50	98·38	1
b	63·87	64·51	65·14	65·77	66·40	67·04	67·67	68·3	68·93	69·56	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	127·74	129·02	130·28	131·54	132·80	134·08	135·34	136·6	137·86	139·12	$\sqrt{2}$
$b+r$	82·57	83·41	84·22	85·03	85·84	86·67	87·49	88·3	89·11	89·93	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	18·70	18·90	19·08	19·26	19·44	19·63	19·82	20·0	20·18	20·37	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	55·83	56·38	56·94	57·49	58·04	58·59	59·15	59·7	60·25	60·81	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	99·30	100·18	101·08	101·96	102·86	103·76	104·66	105·54	106·44	107·34	1
b	70·2	70·83	71·46	72·09	72·73	73·36	73·99	74·62	75·25	75·89	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	140·4	141·66	142·92	144·18	145·46	146·72	147·98	149·24	150·50	151·78	$\sqrt{2}$
$b+r$	90·75	91·57	92·38	93·20	94·03	94·84	95·65	96·47	97·28	98·19	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	20·55	20·74	20·92	21·11	21·30	21·48	21·66	21·85	22·03	22·22	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	61·45	61·91	62·46	63·02	63·57	64·12	64·67	65·23	65·78	66·33	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	108·24	109·12	110·02	110·92	111·80	112·70	113·60	114·48	115·38	116·28	1
b	76·52	77·15	77·79	78·42	79·05	79·68	80·32	80·95	81·58	82·21	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	153·04	154·30	155·58	156·84	158·10	159·36	160·64	161·90	163·16	164·42	$\sqrt{2}$
$b+r$	98·92	99·74	100·57	101·38	102·20	103·01	103·84	104·66	105·47	106·28	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	22·40	22·59	22·78	22·96	23·15	23·33	23·52	23·71	23·89	24·07	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	66·88	67·44	67·99	68·54	69·10	69·65	70·20	70·76	71·31	71·86	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	117·18	118·06	118·96	119·86	120·76	121·64	122·54	123·44	124·32	125·22	1
b	82·85	83·48	84·11	84·74	85·37	86·01	86·64	87·27	87·91	88·54	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	165·70	166·96	168·22	169·48	170·74	172·02	173·28	174·54	175·82	177·08	$\sqrt{2}$
$b+r$	107·11	107·93	108·74	109·55	110·36	111·20	112·01	112·72	113·66	114·47	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	24·26	24·45	24·63	24·81	24·99	25·19	25·37	25·45	25·75	25·93	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	72·41	72·97	73·52	74·07	74·62	75·18	75·73	76·28	76·84	77·39	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

141—160.

R	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	126·12	127·02	127·90	128·8	129·70	130·58	131·88	132·38	133·28	134·18	1
b	89·17	89·8	90·44	91·07	91·7	92·33	92·96	93·6	94·23	94·86	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	178·34	179·6	180·88	182·14	183·4	184·66	185·92	187·2	188·46	189·72	$\sqrt{2}$
$b+r$	115·28	116·09	116·93	117·74	118·55	119·37	120·18	121·01	121·82	122·63	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	26·11	26·29	26·49	26·67	26·85	27·04	27·22	27·41	27·59	27·77	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	77·94	78·49	79·05	79·6	80·15	80·71	81·06	81·81	82·36	82·91	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	135·06	135·96	136·86	137·74	138·64	139·52	140·42	141·32	142·22	143·10	1
b	95·49	96·13	96·75	97·39	98·02	98·65	99·29	99·92	100·56	101·2	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	190·98	192·26	193·50	194·78	196·04	197·30	198·58	198·4	201·12	202·4	$\sqrt{2}$
$b+r$	123·45	124·28	125·07	125·91	126·72	127·54	128·37	129·18	130·01	130·85	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	27·96	28·15	28·32	28·52	28·70	28·89	29·08	29·26	29·45	29·65	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	83·47	84·02	84·57	85·13	85·68	86·24	86·79	87·34	87·89	88·45	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	144	144·9	145·8	146·68	147·58	148·48	149·38	150·26	151·16	152·06	1
b	101·8	102·44	103·1	103·7	104·3	105	105·6	106·25	106·9	107·5	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	203·6	204·88	206·2	207·4	208·6	210	211·2	212·5	213·8	215·0	$\sqrt{2}$
$b+r$	131·6	132·43	133·3	134·06	134·81	135·76	136·51	137·37	138·22	138·97	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	29·8	29·99	30·2	30·36	30·51	30·76	30·91	31·12	31·32	31·47	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	89	89·55	90·10	90·66	91·21	91·76	92·31	92·87	93·42	93·97	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	152·96	153·84	154·74	155·64	156·52	157·42	158·22	159·22	160·10	161·0	1
b	108·15	108·8	109·4	110·06	110·7	111·3	111·9	112·58	113·2	113·84	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	216·30	217·6	218·8	220·12	221·4	222·6	223·8	225·16	226·4	227·68	$\sqrt{2}$
$b+r$	139·82	140·68	141·43	142·30	143·14	143·89	144·64	145·55	146·35	147·18	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	31·67	31·88	32·03	32·24	32·44	32·59	32·74	32·97	33·15	33·34	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	94·52	95·08	95·63	96·18	96·74	97·29	97·84	98·39	98·95	99·5	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

181—200.

R	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	161·9	162·8	163·68	164·58	165·48	166·36	167·26	168·16	169·06	169·94	1
b	114·4	115·1	115·7	116·4	117	117·6	118·25	118·9	119·5	120·16	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	228·8	230·2	231·4	232·8	234	235·2	236·50	237·8	239·0	240·32	$\sqrt{2}$
$b+r$	147·85	148·81	149·56	150·51	151·26	152·02	152·87	153·72	154·47	155·35	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	33·45	33·71	33·86	34·11	34·26	34·42	34·62	34·82	34·97	35·19	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	100·05	100·6	101·16	101·71	102·26	102·82	103·37	103·92	104·47	105·03	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

R	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	$\frac{\sqrt{5}}{2}$
a	170·84	171·74	172·62	173·52	174·42	175·32	176·2	177·10	178	178·88	1
b	120·8	121·4	122·05	122·7	123	123·95	124·6	125·2	125·84	126·5	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$2b$	241·6	242·8	244·10	245·4	246·6	247·9	249·2	250·4	251·68	253·0	$\sqrt{2}$
$b+r$	156·18	156·93	157·79	158·64	159·39	160·24	161·1	161·87	162·68	163·56	$\frac{2\sqrt{2}-1}{2}$
r	35·38	35·53	35·74	35·94	36·09	36·29	36·5	36·67	36·84	37·06	$\frac{\sqrt{2}-1}{2}$
d	105·58	106·13	106·49	107·24	107·79	108·34	108·9	109·45	110·0	110·56	$\frac{\sqrt{5}-1}{2}$

INHALTSVERZEICHNIS.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 1

I. Teil: Die Harmonie im Weltall 7

A. Planeten und Trabanten 8

1. Die Bahnen und Entfernungen der Planeten 8
2. Die Bahnen und Entfernungen der Trabanten 14
3. Saturn und seine Ringe 18
4. Die Anordnung der Planetoiden 20
5. Die Größenverhältnisse der Planeten 24
6. Die Größenverhältnisse der Trabanten 25
7. Die Dichte der Planeten 28
8. Die Neigungen der Planetenbahnen 29
9. Umlaufszeit und Entfernung der Planeten 30
10. Umlaufszeit und Entfernung der Trabanten 31

B. Kometen 33

1. Die Bahnen und Entfernungen der Kometen 33
2. Umlaufszeit und Entfernung der Kometen 35

C. Fixsterne 35

1. Die Anordnung der Fixsterne 35
2. Sternhaufen und Nebelflecke 38

Die Anordnung der Massen im Weltall 40

II. Teil: Die Harmonie in der Natur 41

A. Anorganische Natur 43

1. Der Aufbau der Erdatmosphäre 43
2. Rotierende Hagelwolke 48
3. Hagelkörner 50
4. Emulsionsfiguren 53
5. Einschlüsse in Kristallen 56

B. Organische Natur 57

Das Pflanzenreich 57

I. Sporenpflanzen 57

1. Algen 58
2. Kieselalgen 61
3. Pilze 61

II. Samenpflanzen 63

1. Nadelbäume 64
2. Laubbäume 65

Seit
3. Blätter 67
4. Blüten 69
5. Samen und Früchte 73

Das Tierreich 76
1. Urtiere 76
2. Pflanzentiere 79
3. Stachelhäuter 80
4. Gliederfüßler 80
5. Wirbeltiere 84

Der Bau der Formen in der Natur 96

III. Teil: Die Harmonie in der Kunst 97

A. Baukunst 101
1. Baukunst der Ägypter 103
2. Der griechische Baustil 116
3. Baukunst der Römer 150
4. Der altchristliche Baustil (Basilikastil) 164
5. Der byzantinische Baustil 170
6. Der mohammedanische Baustil 174
7. Der romanische Baustil 178
8. Der gotische Baustil 191
9. Der Baustil der Renaissance 208
10. Einige Baudenkmäler aus den Baustilperioden nach der Renaissance . . . 221

B. Bildhauerkunst 228
1. Die Statue 240
2. Die Gruppe 250
3. Das Relief 251

C. Malerei 251
1. Die Linie 252
a) Richtung der Linie 252
b) Parallelität der Linie 254
2. Die Farbe 255
3. Die Gruppierung oder Anordnung der Personen und Gegenstände 263
4. Das Format der Bilder 274

D. Kunsthandwerk und Kleinkunst 283
Bau der Geige 284

E. Tonkunst 300

Die Proportionalität in der Kunst 309

Anhang 311

Tabelle zur Bestimmung harmonischer Verhältnisse 311
Inhaltsverzeichnis 329
Verzeichnis der Abbildungen und Tafeln 331

Verzeichnis der Abbildungen.

(Die Tafeln sind mit römischen Ziffern bezeichnet.)

Einleitung.

Seite

Abbild. 1. Das harmonische Dreieck 2
» 2. Der harmonische Kreis 3
» 3. Konstruktion des harmonischen Dreieckes, wenn der Kreis gegeben ist 4

I. Teil: Die Harmonie im Weltall.

Abbild. 4. Die Bahnen und Entfernungen der Planeten 11
» 5. Saturn und seine Ringe, schematisiert, von oben gesehen 19
» 6. Saturn und seine Ringe, nach Beobachtung und Zeichnung von Josef Rheden 20
» 7. Die Bahnen der periodischen Kometen 21
» 8. Die Anordnung der Planetoiden 21
» 9. Schematische Darstellung des Sonnennebels im Stadium der Verdichtung 27
» 10. Schematische Darstellung der Anordnung der Fixsterne 37
Taf. I. Sternhaufen und Nebelflecke 40

II. Teil: Die Harmonie in der Natur.

A. Anorganische Natur.

Abbild. 11. Der Aufbau der Erdatmosphäre 47
Taf. II. Rotierende Hagelwolke vom 1. Juni 1899 oberhalb Wien 50
» III. Hagelkörner 52
Abbild. 12, 13, 14. Emulsionsfiguren 54
» 15, 16. Einschlüsse in Kristallen 56

B. Organische Natur.

1. Pflanzenreich.

Taf. IV. Algen 58
» V. Kieselalgen 60
» VI. Pilze 62
» VII. Wuchsformen der Nadelbäume 64
» VIII. Blüten, Samen, Früchte der Nadelbäume 66
» IX. Wuchsformen der Laubbäume 66
» X. Blätter 68
» XI. Blüten 70
» XII. Blüten der Orchideen 72
» XIII. Samen und Früchte 74

Seite

Taf. XIV. Urtiere 76
» XV. Urtiere 78
» XVI. Urtiere 78
» XVII. Pflanzentiere, Stachelhäuter 80
» XVIII. Insekten 80
» XIX. Insekten 82
» XX. Insekten, Schmetterlinge 86

2. Tierreich.

Abbild. 17. Der Flußbarsch 84
» 18. Der Mondfisch 85
Taf. XXI. Pferde 88
» XXII. Wiederkäuer 90
» XXIII. Hunde und Raubtiere 92
Abbild. 19. Skelett des Löwen 95

III. Teil: Die Harmonie in der Kunst.

Abbild. 20. Das Rechteck 2:3 100

A. Baukunst.

1. Die Baukunst der Ägypter.

Abbild. 21. Durchschnitt durch die Cheopspyramide 106
» 22. Grundriß des Haupttempels zu Karnak 108
» 23. Grundriß des Horustempels in Edfu 109
» 24. Ansicht der Riesenpforte (Pylon) des Horustempels in Edfu . 110, 111
» 25. Ansicht des Horustempels in Edfu 112
» 26. Hathorpfeiler 113
» 27. Bündelsäule von den Bauwerken des Amenophis' III. in Theben und Thutmes' III. in Karnak 114
» 28. Säule aus dem Tempel des Osiris zu Philae 115
» 29. Säulchen mit halbentfaltetem Knospenkapitell 115

2. Der griechische Baustil.

Abbild. 30. Grundriß eines Antentempels 117
» 31. Säule vom Parthenon in Athen 119
» 32. Säule vom Ereichtheion in Athen 121
» 33. Säule vom Apollotempel in Phigalia 121
» 34. Säule vom Monument des Lysikrates 123
» 35. Säulenstellungen: 1. Dorische Säule vom Tempel des Theseus zu Athen, 2. Jonische Säule vom Tempel der Athena Polias zu Priene, 3. Korinthische Säule von der Stoa des Hadrian zu Athen . . . 124
» 36. Grundriß des Poseidontempels zu Paestum 125
» 37. Restaurierte Ansicht des Poseidontempels zu Paestum 126
» 38. Ansicht des Tempels der Diana Propylaea zu Eleusis 127
» 39. Grundriß des Parthenon in Athen 128
» 40. Restaurierte Ansicht der Westseite des Parthenon 130, 131
» 41. Grundriß des Tempels der Nike apteros in Athen 133
» 42. Ansicht der Ostseite des Tempels der Nike apteros in Athen . 134, 135
» 43. Grundriß des Ereichtheion in Athen 136
» 44. Restaurierte Ansicht der Westseite des Ereichtheion 137

Seite

Abbild. 45. Ansicht der Karyatidenhalle am Ereichtheion 138
» 46. Das Denkmal des Lysikrates in Athen 139
» 47. Der Turm der Winde in Athen 140, 141
» 48. Kapitell der Säule vom Parthenon 142, 143
» 49. Kapitell der Säule vom Nordportikus des Ereichtheion 144
» 50. Kapitell vom Monument des Lysikrates in Athen 145
» 51. Akanthusblatt vom Kapitell der Säule vom Turm der Winde in Athen 145
» 52. Antenkapitell vom Parthenon in Athen 146
» 53. Dekoration vom Gebälk des Parthenon, Taenia und Regula . . 147
» 54. Triglyphe und Metope vom Parthenon 148
» 55. Stirnziegel vom Parthenon 149
» 56. Stirnziegel vom Tempel der Nike apteros 149

3. Der römische Baustil.

Abbild. 57. Bogenstellung vom Theater des Marcellus in Rom 150, 151
» 58. Kompositkapitell vom Bogen des Titus in Rom 153
» 59. Restaurierte Ansicht des Tempels des Antoninus und der Faustina 154, 155
» 60. Grundriß des Pantheon in Rom 156, 157
» 61. Ansicht des Pantheon. 158
» 62. Halber Grundriß des sogenannten Tempels der Minerva medica . 159
» 63. Ansicht des sogenannten Tempels der Minerva medica 160
» 64. Triumphbogen des Titus in Rom 161
» 65. Triumphbogen des Konstantin in Rom 162
» 66. Grundriß der Basilika des Maxentius 163

4. Der altchristliche Baustil.

Abbild. 67. Grundriß der früheren Peterskirche in Rom 164
» 68. Grundriß von S. Vitale in Ravenna 165
» 69. Durchschnitt von S. Vitale in Ravenna 166, 167
» 70. Grundplan und Durchschnitt der Palastkapelle Karls des Großen in Aachen 168, 169

5. Der byzantinische Baustil.

Abbild. 71. Grundriß der Hagia Sophia in Konstantinopel 170
» 72. Frontansicht der Hagia Sophia 171
» 73. Längsschnitt durch die Hagia Sophia. 172, 173

6. Der mohammedanische Baustil.

Abbild. 74. Grundriß der Moschee des Sultans Hasan in Kairo 175
» 75. Grundriß des Felsendomes in Jerusalem 177
» 76. Das Grabmal Etmad-ud-Daulas in Agra 178, 179
» 77. Kalifengrab in Kairo 178

7. Der romanische Baustil.

Abbild. 78. System des Domes von Mainz 180, 181
» 79. System des Domes von Speier 180, 181
» 80. System des Domes von Worms 180, 181
» 81. Portal der St. Jakobskirche in Regensburg 182
» 82. Radfenster der Kirche zu Trebitsch 183
» 83. Grundriß des Domes von Speier 183

Seite

Abbild. 84. Ansicht des Domes von Speier 184, 185
» 85. Ansicht des Domes von Mainz 186, 187
» 86. Grundriß des Domes von Bamberg 188, 189
» 87. Grundriß der Markuskirche in Venedig 188, 189
» 88. Ansicht der Markuskirche in Venedig 190

8. Der gotische Baustil.

Abbild. 89. System von Nôtre Dame in Paris 192
» 90. System des Münsters in Straßburg 193
» 91. Grundriß des Domes zu Köln 194, 195
» 9.2 Querschnitt des Domes zu Köln 196, 197
» 93. Mittelfenster der Fassade des Kölner Domes 199,
» 94. Durchschnitt durch den Turm des Kölner Domes 200
» 95. Grundriß der St. Stephanskirche in Wien 201
» 96. Querschnitt der St. Stephanskirche in Wien 202, 203
» 97. Hauptturm des Münsters in Freiburg 205
» 98. Fassade der Kathedrale von Nôtre Dame in Paris 206, 207

9. Baustil der Renaissance.

Abbild. 99. Grundriß der Peterskirche in Rom 209
» 100. Kuppel der Peterskirche in Rom 210
» 101. Durchschnitt und Ansicht der Kirche St. Maria di Carignano in Padua 211
» 102. Unterer Grundriß der Capella Pellegrini in Verona 212, 213
» 103. Durchschnitt der Capella Pellegrini in Verona 214, 215
» 104. Ansicht des Palazzo del Consiglio in Padua 216
» 105. Bibliothek in Venedig 217
» 106. Ansicht des Palastes Pandolfi in Florenz 218
» 107. Das Zeughaus zu Augsburg 219
» 108. Das Krameramtshaus in Münster 220

10. Baudenkmäler aus den Bauperioden nach der Renaissance.

Abbild. 109. Grundriß der Karlskirche in Wien 221
» 110. Ansicht der Karlskirche in Wien 222
» 111. Gloriette in Wien 223
» 112. Die Akademie der Wissenschaften in Wien 224, 225
» 113. Die Loggia der Hofoper in Wien 226
» 114. Die Propyläen in München 227

B. Bildhauerkunst.

Abbild. 115. Doryphoros nach Polyklet 230
Taf. XXIV. Apoxyomenos nach Lysippos 230
Abbild. 116. David von Michelangelo 231
» 117. Das Skelett des Armes 233
» 118. Das Skelett der Hand 233
» 119. Die Hand 237
Taf. XXV. Das Antlitz des Menschen 238
Abbild. 120. Michael Wolgemut von A. Dürer 239
» 121. Der Diskuswerfer nach Myron 240, 241
» 122. Ruhender Hermes 242

Seite

Taf. XXVI. Apollo von Belvedere 244
Abbild. 123. Apollo Sauroktonos 243
» 124. Borghesischer Fechter 244
» 125. Venus von Milo, Vorderansicht 245
» 126. Venus von Milo, Seitenansicht 245
» 127. Denkmal des Gattamelata von Donatello 246, 247
» 128. Einer der Rossebändiger in Rom 248
» 129. Anordnung im Westlichen Giebel vom Tempel auf Aegina . . . 249
» 130. Anordnung im Westlichen Giebel vom Parthenon in Athen . . . 249
» 131. Anordnung der Laokoongruppe 250

C. Malerei.

Taf. XXVII. Mona Lisa von L. da Vinci 254
» XXVIII. Madonna della sedia von Raffael 254
» XXIX. Die sixtinische Madonna von Raffael 254
» XXX. Der Zinsgroschen von Tizian 254
» XXXI. Lavinia von Tizian 254
» XXXII. S. Johannes und Petrus, Paulus und Marcus von A. Dürer . . 254
» XXXIII. Hieronymus Holzschuher von A. Dürer 254
» XXXIV. Kreuzigung von A. von Dyck 254
» XXXV. Anatomiestunde von Rembrandt 254
» XXXVI. Die Melonenesser von Murillo 254
» XXXVII. Die beiden Mütter von Segantini 254
» XXXVIII. Morgenstunde von Moritz v. Schwind 254
Abbild. 132. Die harmonischen Winkel 252
» 133. Anordnung in Mona Lisa von Lionardo da Vinci 264
» 134. Anordnung in Hieronymus Holzschuher von A. Dürer 265
» 135, 136, 137, 138, 139. Anordnung in Christus und die Jünger in Emaus von Rembrandt 266, 267, 268
» 140, 141. Anordnung in der Anatomiestunde von Rembrandt . . . 269, 270
» 142. Anordnung im letzten Abendmahle von Lionardo da Vinci . . . 271
» 143. Anordnung im Abendmahle von Tizian 272
» 144. Anordnung im Abendmahle von A. Dürer 273
» 145. Anordnung im Abendmahle von Rubens 274
» 146. Anordnung in der sixtinischen Madonna von Raffael Santi . . . 275
Taf. XXXIX. Anordnung in der Schule von Athen von Raffael Santi 274
Abbild. 147. Formate der Bilder 276
» 148. Format des Bildes: Auferstehung Christi von Tizian 282

D. Kunsthandwerk und Kleinkunst

Taf. XL der Griechen und Römer 282
» XLI der altchristlichen und romanischen Stilperiode 282
» XLII der Gotik und Renaissance 282

Bau der Geigen.

Abbild. 149. Vorder- und Seitenansicht einer Geige von Andreas Amati . . . 285
» 150. Konstruktion der Decke einer Amatigeige nach Bagatella 287
» 151. Konstruktion der Decke einer Amatigeige nach dem harmonischen Dreieck 289

Seite

Abbild. 152. Konstruktion der Decke einer Stradivarigeige nach dem harmonischen Dreieck 291
» 153. Konstruktion der Decke einer Stainergeige nach dem harmonischen Dreieck 292
» 154. Stellung der Stimme und des Baßbalkens 294
» 155. Konstruktion des Steges von Stradivari 295
» 156. Konstruktion der Schnecke einer Stainergeige 296

E. Tonkunst.

Abbild. 157. Wellenlängen der Intervalle: große Sekund, große Terz, reine Quart, reine Quint, übermäßige Quint, übermäßige Sext und Oktav 303
» 158. Wellenlängen der Intervalle: kleine Terz, übermäßige Quart und übermäßige Sext 304
» 159. Wellenlängen der Intervalle: große Terz und große Sext 304
» 160. Wellenlängen der Akkorde: großer Dreiklang und übermäßiger Dreiklang 305
» 161. Wellenlängen der Akkorde: kleiner Dreiklang und verminderter Dreiklang 305
» 162. Wellenlängen der Akkorde: Sextakkord und Quartsextakkord . . 305
» 163. Wellenlängen der Akkorde: Quintsextakkord, Terzquartakkord und Sekundakkord 305
» 164. Wellenlängen verschiedener Septimenakkorde 306
» 165. Der Lindenbaum von Franz Schubert 306
» 166. Molto allegro con brio der Senate Op. 10, Nr. 1 von L. v. Beethoven 307
» 167. Andante grazioso der Sonate Nr. 12 von W. v. Mozart 308